



**Universidad
Católica de
Santa María**

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas
y arbóreas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco, Chiguata - Arequipa 2025**

Tesis presentada por:

Caytano Chavez, Leonardo Enrique

ORCID: 0009-0009-1180-7786

Morán Gonzales, Diego Fernando

ORCID: 0009-0008-7383-4328

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor (a):

Dr. Arenazas Rodríguez, Armando Jacinto

ORCID: 0000-0002-0940-2204

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 19 de Junio del 2026

Dictamen: 016946-C-EPIA-2026

Visto el borrador del expediente 016946, presentado por:

2020601971 - MORÁN GONZALES DIEGO FERNANDO

2020241551 - CAYTANO CHAVEZ LEONARDO ENRIQUE

Titulado:

**DISEÑO DE UN BANCO DE SEMILLAS PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES ARBUSTIVAS Y
ARBÓREAS DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO, CHIGUATA - AREQUIPA 2025**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO AMBIENTAL

**29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**43238145 - BENEGAS LLANOS ROSARIO CAROLINA
DICTAMINADOR**



**43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de Polylepis de Cacayaco, Chiguata - Arequipa 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utp.edu.co

Fuente de Internet

2%

2

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

4

www.editorialfondo.com

Fuente de Internet

1%

5

NAKAMURA CONSULTORES SAC - NAKCSAC.
"Actualización del Plan de Manejo Ambiental
del DAP de la Planta Industrial Dedicada a la
Fabricación de Levaduras Frescas y Productos
Secos-IGA0008541", R.D. N° 279-2019-
PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2022

Publicación

1%

DEDICATORIA

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, sacrificio y confianza constante, que me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su apoyo constante, comprensión y paciencia durante este proceso, brindándome la fortaleza necesaria para superarme y no rendirme.

A mis amigos que me acompañaron a lo largo de los años en este camino, por su apoyo sincero, motivación constante y por estar presentes en cada etapa, haciendo más llevadero este proceso con compañía.

A mis profesores, por su guía, dedicación y compromiso en mi formación académica, por compartir sus conocimientos y brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo.

A quienes creyeron en mí incluso cuando el camino parecía incierto, y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

Caytano Chavez, Leonardo Enrique

DEDICATORIA

A Dios y María Auxiliadora, por ser mis guías y refugio en el camino de la vida.

A mis amados padres, Nancy e Iván, quienes son mi inspiración para seguir adelante cada día y me enseñaron el valor del trabajo duro, por su constante apoyo moral durante los problemas y desafíos que hubo durante el desarrollo de la tesis.

A mis hermanos menores, Bryan y Piero, por ser mi motor para mejorar cada día y ser un ejemplo inspirador como hermano mayor.

A mis abuelos, por enseñarme la importancia del estudio y la perseverancia para convertirme en un profesional exitoso.

A mi grupo de amigos, Krixie, Dayira, Leonardo, Mariela, Andrea, Morelia, Maricielo y Alonso, por tan gratos e inolvidables momentos en la universidad, hacerme sonreír en mis peores momentos, reforzar la confianza en mí mismo, pero sobre todo enseñarme que hay momentos para estudiar, pero también hay momentos para divertirse.

A mis mentoras Isabel Cornejo y Gabriela Guevara, por mostrarme el mundo del voluntariado a través de la Red Universitaria Ambiental, donde aprendí a liderar y mejorar mis habilidades sociales; asimismo, guiarme con sus consejos para la vida para alcanzar la mejor versión de mí mismo.

A mis profesores, tanto de la Universidad Católica de Santa María como del colegio Salesianos Don Bosco, por sus enseñanzas tanto académicas como para la vida que fueron dándome a lo largo de mi vida como estudiante.

A todos ustedes les digo, muchas gracias por acompañarme en este camino que hoy cierro con esta investigación. Que este logro sea un recordatorio de que el cambio más grande viene de la acción más pequeña.

Morán Gonzales, Diego Fernando

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al biólogo Armando Arenazas por su constante apoyo académico y técnico durante el desarrollo de este proyecto de investigación a través de su mentoría, consejos, críticas constructivas y paciencia.

De igual manera, agradecemos al ingeniero Berly Cárdenas por su apoyo, brindando consejos para la búsqueda de información necesaria en el mapeado.

Agradecemos al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre por su ayuda en los trámites de permiso y, en especial, al biólogo botánico Miguel Ángel Hinojosa Talavera por su apoyo y guía en la identificación morfológica de la flora altoandina del bosque de Cacayaco.

De igual manera, agradecemos al señor Mauro Aguilar, teniente gobernador del Anexo de Cacayaco, a su esposa y al señor Félix Chancolla por su acogedor recibimiento en la comunidad, apoyo constante y enseñanzas de la importancia de los bosques altoandinos realizadas durante las distintas salidas de campo.

Agradecemos al arquitecto Luis Enrique Valderrama Luque por su prestación de servicios y guía en el desarrollo de los planos en AutoCAD y SkechUp del banco de semillas.

De igual manera, agradecemos al laboratorio Analytical Laboratory E. I. R. L. (ALAB) por sus servicios en el análisis de suelo.

RESUMEN

Ante la problemática de la degradación progresiva del bosque de *Polylepis* de Cacayaco, ubicado en el distrito de Chiguata, Arequipa, ocasionada por factores como la expansión agropecuaria, el sobrepastoreo, los incendios forestales y los efectos del cambio climático, es necesaria la implementación de estrategias de conservación que aseguren la preservación del material genético forestal altoandino. En ese contexto, la presente investigación se centra en el diseño de un banco de semillas para la conservación ex situ de especies arbustivas y arbóreas. Para ello, se desarrolló una caracterización técnica, climatológica y edafológica preliminar del área de estudio. Los resultados evidenciaron que la zona posee una temperatura máxima promedio de 20.48 °C, una temperatura mínima promedio de 6.03 °C y una precipitación promedio de 1.06 mm/día, acompañado de un porcentaje de humedad del 22%. Por otro lado, dentro de los resultados edafológicos, se destaca un suelo muy pobre en materia orgánica que varía entre el 1 y el 3%, junto con un porcentaje de porosidad leve. Seguidamente, se identificó, registró y analizó morfológicamente la flora presente en la zona. Los resultados revelaron 26 especies con periodos de fructificación que abarcan todo el año y con varios tipos de fruto, los cuales varían entre aquenios, legumbres, bayas y polifolículos. No obstante, todas comparten la característica de poseer semillas de tipo ortodoxa. Después, establecieron métodos y parámetros técnicos para la recolección, transporte, limpieza, desecación, almacenamiento, registro y germinación de las semillas, siguiendo los estándares internacionales de conservación ex situ, adaptándolos a las condiciones locales. Posteriormente, se elaboró el diseño integral del banco de semillas, definiendo y delimitando áreas operativas. Finalmente, como complemento al diseño arquitectónico, se elaboró un plan de sostenibilidad preliminar enfocado en el diagnóstico estratégico del banco de semillas para garantizar operatividad, la viabilidad genética y su permanencia a largo plazo, con el fin de plantear manuales operativos, control de inventarios, monitoreos, entre otros. El plan en el análisis incorpora una matriz de identificación y evaluación de riesgos, identificando amenazas como la pérdida de diversidad genética, fallas críticas en equipos y debilidades organizativas. Por otra parte, se realizó un análisis FODA, donde se identifican las fortalezas como el diseño técnico especializado y debilidades como su dependencia financiera inicial, así como indicadores de desempeño y visión a largo plazo.

Palabras clave:

Banco de semillas, conservación ex situ, *Polylepis*

ABSTRACT

Given the problem of the progressive degradation of the *Polylepis* forest of Cacayaco, located in the district of Chiguata, Arequipa, caused by factors such as agricultural expansion, overgrazing, forest fires, and the effects of climate change, it is necessary to implement conservation strategies that ensure the preservation of high-Andean forest genetic material. In this context, the present research focuses on the design of a seed bank for the ex-situ conservation of shrub and tree species. To achieve this, a preliminary technical, climatological, and edaphological characterization of the study area was carried out. The results showed that the area has an average maximum temperature of 20.48 °C, an average minimum temperature of 6.03 °C, and an average precipitation of 1.06 mm/day, accompanied by a humidity level of 22%. Furthermore, edaphological results revealed that the soils are very poor in organic matter, ranging between 1% and 3%, along with a low level of soil porosity. Subsequently, the flora present in the area was identified, recorded, and morphologically analyzed. The results revealed 26 species with fruiting periods that occur throughout the year and various fruit types, including achenes, legumes, berries, and polyfollicles. However, all species share the characteristic of producing orthodox-type seeds. Following this, technical methods and parameters were established for the collection, transport, cleaning, drying, storage, registration, and germination of seeds, following international ex situ conservation standards and adapting them to local conditions. An integral design of the seed bank was then developed, defining and delimiting operational areas, as well as preparing an inventory and budget of materials and equipment. Finally, as a complement to the architectural design, a preliminary sustainability plan was developed, focusing on the strategic diagnosis of the seed bank to guarantee its operational capacity, genetic viability, and long-term permanence. This plan proposes operational manuals, inventory control systems, and monitoring protocols, among other measures.

The analysis also incorporates a risk identification and assessment matrix, identifying threats such as loss of genetic diversity, critical equipment failures, and organizational weaknesses. Additionally, a SWOT analysis was conducted, highlighting strengths such as the specialized technical design and weaknesses such as initial financial dependence, along with performance indicators and a long-term strategic vision.

Keywords:

Seed bank, ex situ conservation, *Polylepis*

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ASBTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1. Problemática de la investigación 4

2. Justificación 5

2.1. Justificación ambiental 5

2.2. Justificación social..... 6

2.3. Justificación económica..... 6

2.4. Justificación técnica..... 7

2.5. Justificación institucional 7

3. Hipótesis 7

4. Objetivo de la Investigación 8

4.1. Objetivo General 8

4.2. Objetivos Específicos 8

CAPÍTULO II..... 9

FUNDAMENTO TEÓRICO 10

1. Antecedentes de Investigación 10

1.1. Antecedentes internacionales..... 10

1.2. Antecedentes nacionales 16

1.3. Antecedente Locales 18

2. Marco Teórico..... 19

2.1. Bosques relictos altoandinos 19

2.2. Bosque de *Polylepis* de Cacayaco - Chiguata 21

2.2.1. Importancia..... 22

2.2.2. Flora..... 22

2.2.3. Fauna 23

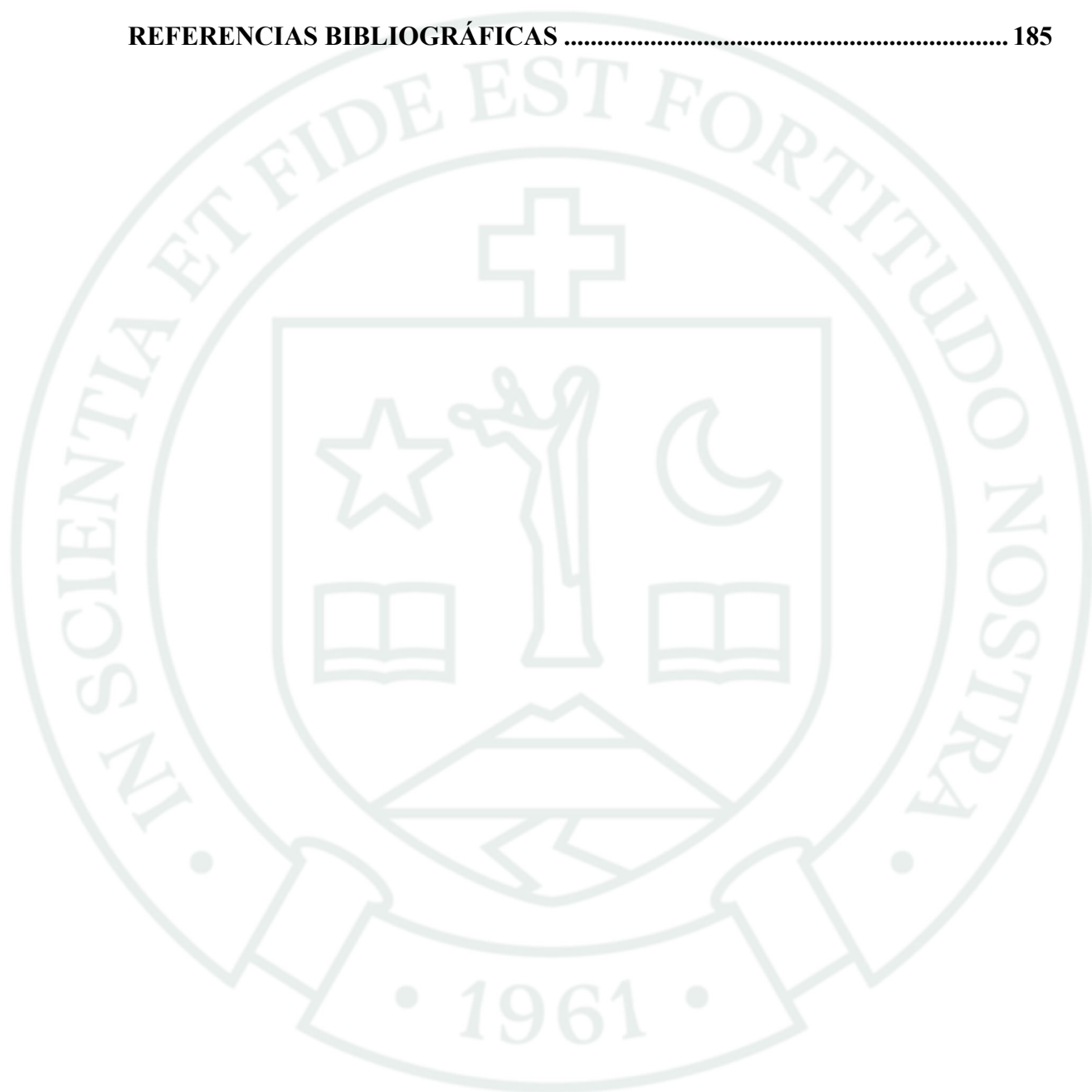
2.2.4. Estado de conservación y amenazas 23

2.3. Banco de semillas	24
2.3.1. Importancia.....	25
2.3.2. Casos Exitosos.....	25
2.3.3. Clasificación.....	31
2.3.4. Técnicas	33
2.4. Semillas	34
2.4.1. Descripción.....	34
2.4.2. Importancia.....	35
2.4.3. Clasificación.....	39
3. Marco legal.....	40
3.1. Marco Internacional.....	40
3.2. Marco Nacional	42
CAPÍTULO III	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
1. Tipo de investigación.....	48
2. Nivel de investigación	48
3. Enfoque de la investigación.....	48
4. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación	48
4.1. Técnicas.....	48
4.1.1. Datos de campo	48
4.1.2. Imágenes satelitales	49
4.1.3. Software SIG (QGIS – SAGA GIS)	49
4.2. Instrumentos	49
4.2.1. Materiales y equipos para análisis de suelo.....	49
4.2.2. Datos meteorológicos	49
4.2.3. Bases de datos y fuentes documentales	49
4.2.4. Materiales de verificación	50
5. Campo de verificación.....	51
5.1. Ámbito.....	51
5.2. Unidades de estudio.....	51
5.3. Temporalidad	51
5.4. Métodos de la investigación	51

5.4.1. Diagnóstico del área de interés.....	51
5.4.2. Caracterización de la flora de la zona.....	56
5.4.3. Establecimiento de métodos y protocolos de gestión de semillas.....	57
5.4.4. Diseño del banco de semillas	57
5.4.5. Elaboración de plan de sostenibilidad	58
6. Finalidad de cada dato levantado para la investigación	59
CAPÍTULO IV.....	61
RESULTADOS.....	62
1. Caracterización de la zona de estudio	62
1.1. Mapas de la zona de estudio.....	62
1.1.1. Ubicación y delimitación del área	62
1.1.2. Altitud.....	64
1.1.3. Cobertura Vegetal	65
1.1.4. Topografía.....	65
1.1.5. Humedad topográfica	66
1.1.6. Radiación directa	67
1.1.7. Insolación	68
1.1.8. Datos de altitud e índices espectrales	69
1.2. Datos meteorológicos del SENAMHI	70
1.2.1. Temperatura máxima y mínima.....	70
1.2.2. Precipitación.....	71
1.2.3. Humedad Relativa	73
1.3. Análisis preliminar de condiciones climatológicas	73
1.4. Análisis fisicoquímico del suelo.....	76
1.4.1. Análisis de suelo: Punto 1.....	77
1.4.2. Análisis de suelo: Punto 2.....	78
1.4.3. Análisis de suelo: Punto 3.....	79
1.4.4. Comparación de resultados de análisis de suelo.....	81
2. Identificación fenológica y registro de especies.....	92
2.1. Especies arbóreas y arbustivas candidatas.....	92
2.2. Selección de especies basados en criterios	93
2.3. Especies arbóreas y arbustivas registradas	97

2.4. Investigación morfológica	105
2.4.1. Recopilación morfológica	116
2.5. Cronograma de recolección	117
3. Establecimiento de Parámetros Técnicos	118
3.1. Fase de planificación	118
3.1.1. Descripción de los procedimientos	119
3.1.2. Procedimientos	120
3.2. Fase de ejecución	129
3.2.1. Descripción de los procedimientos	129
3.2.2. Procedimientos	132
3.3. Diagramas de flujo	151
4. Diseño del banco de semillas	152
4.1. Planos del Banco de Semillas en AutoCAD	153
4.2. Planos del Banco de Semillas en Sketch UP	155
4.3. Descripción de Áreas	158
4.3.1. Área de recepción	158
4.3.2. Área de desinfección y preparación	158
4.3.3. Área de informes	159
4.3.4. Área de documentación y registro	160
4.3.5. Laboratorio de caracterización y limpieza	161
4.3.6. Cuarto de germinación	162
4.3.7. Pre-cámara	163
4.3.8. Cámara de congelación	164
4.3.9. Cámara fría	165
4.3.10. Área de almacenamiento	166
4.3.11. Área de capacitaciones	167
4.3.12. Sala de descanso	167
4.3.13. Servicios higiénicos	168
4.3.14. Cuarto del conserje	169
DISCUSIÓN	171
5.1. Caracterización de la zona de estudio	171
5.2. Identificación y caracterización de especies altoandinas	173

5.3. Establecimiento de parámetros y métodos	175
5.4. Diseño arquitectónico	176
5.5. Impactos Ambientales y Sostenibilidad del Proyecto	178
CONCLUSIONES	181
RECOMENDACIONES	183
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Finalidad de los datos levantados en campo	59
Tabla 2 Caracterización altitudinal e índices espectrales de los puntos de muestreo ..	70
Tabla 3 Datos hidrometeorológicos de SENAMHI	70
Tabla 4 Datos de temperatura y humedad relativa.....	74
Tabla 5 Coordenadas de puntos de muestreo.....	77
Tabla 6 Resultados de análisis de suelo del punto 1	78
Tabla 7 Resultados de análisis de suelo del punto 2	79
Tabla 8 Resultados de análisis de suelo del punto 3	80
Tabla 9 Especies seleccionadas para identificación y registro	92
Tabla 10 Sistema de puntaje para la priorización en la conservación de especies vegetales	94
Tabla 11 Interpretación del puntaje.....	95
Tabla 12 Selección de especies basado en criterios	95
Tabla 13 Flora identificada en el bosque de Cacayaco	97
Tabla 14 Caracterización morfológica de especies del Bosque de queñua de Cacayaco	105
Tabla 15 Caracterización morfológica de la flora del Bosque de Polylepis de Cacayaco	116
Tabla 16 Cronograma de recolección de semillas por especie	117
Tabla 17 Criterios técnicos y de evaluación para la selección de especies vegetales	120
Tabla 18 Preparación de materiales, insumos y equipos	124
Tabla 19 Numero de semillas y uso potencial	126
Tabla 20 Plantilla de ficha de registro de semillas.....	142
Tabla 21 Matriz de evaluación de riesgos.....	218
Tabla 22 Matriz de identificación y evaluación de riesgos.....	219
Tabla 23 Matriz de análisis FODA	221

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Incendio Forestal en Chiguata	24
Figura 2 Bóveda Global de Semillas de Svalbard	26
Figura 3 Banco de semillas en Sierra de los Cuchumatanes, Guatemala	27
Figura 4 Banco de semillas en UVG-Altiplano	28
Figura 5 Banco de semillas en las parroquias de Chugchilán e Isinliví	29
Figura 6 Banco de semillas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco	30
Figura 7 Banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa	30
Figura 8 Banco de semillas comunitario	32
Figura 9 Banco de Germoplasma	33
Figura 10 Mapa de Puntos de muestreo	55
Figura 11 Mapa zona de estudio	63
Figura 12 Mapa de altitud de la zona de estudio	64
Figura 13 Mapa de la cobertura vegetal de la zona de estudio	65
Figura 14 Mapa de topografía de la zona de estudio	66
Figura 15 Mapa de humedad topográfica de la zona de estudio	67
Figura 16 Mapa de radiación directa de la zona de estudio	68
Figura 17 Mapa de Insolación de la zona de estudio	69
Figura 18 Temperatura máxima y mínima promedio	71
Figura 19 Precipitación promedio diaria	72
Figura 20 Precipitación promedio total	72
Figura 21 Porcentaje de Humedad Relativa	73
Figura 22 Variación de la temperatura	75
Figura 23 Variación de la humedad relativa	76
Figura 24 Variación del Potencial de Hidrogeno (pH)	81

Figura 25 Variación de la Densidad Real	82
Figura 26 Variación de la Densidad Aparente	83
Figura 27 Variación de la Porosidad.....	84
Figura 28 Variación de la Humedad	85
Figura 29 Variación de la Conductividad Eléctrica (CE)	86
Figura 30 Variación de la Materia Orgánica.....	87
Figura 31 Variación de la Capacidad de Intercambio Catiónico	88
Figura 32 Variación del Nitrógeno Total	89
Figura 33 Variación del Fosforo disponible Olsen.....	90
Figura 34 Variación del Potasio disponible	91
Figura 35 Diagrama de la etapa de identificación de especies.....	122
Figura 36 Diagrama de la etapa de determinación de la época de recolección.....	123
Figura 37 Diagrama de la etapa de gestión de permisos	124
Figura 38 Diagrama de la etapa de preparación del material	126
Figura 39 Diagrama de la etapa de identificación del estado y cantidad de semillas	127
Figura 40 Diagrama de la etapa de establecimiento de las técnicas de recolección..	129
Figura 41 Diagrama de la etapa de recolección	133
Figura 42 Diagrama de la etapa de transporte	134
Figura 43 Diagrama de la etapa de selección	136
Figura 44 Diagrama de la etapa de limpieza	137
Figura 45 Diagrama de la etapa de desecación en semillas intermedias.....	138
Figura 46 Diagrama de la etapa de desecación de semillas ortodoxas.....	139
Figura 47 Diagrama de la etapa de desecación	140
Figura 48 Diagrama de la etapa de envasado	143
Figura 49 Diagrama de la etapa de registro.....	144
Figura 50 Diagrama de la etapa de registro.....	147

Figura 51 Diagrama de la limpieza pre-germinación de las semillas.....	148
Figura 52 Diagrama de la etapa de germinación.....	150
Figura 53 Diagrama de flujo de la fase de planificación.....	151
Figura 54 Diagrama de flujo de la fase de ejecución	152
Figura 55 Planos Banco de Semillas	153
Figura 56 Planos en Sketch Up	155
Figura 57 Vistas preliminares del banco de semillas- Sketch Up	157
Figura 58 Area de recepción – SketchUp.....	158
Figura 59 Área de desinfección y preparación – SketchUp	159
Figura 60 Área de informes – SketchUp.....	160
Figura 61 Área de documentación y registro – SketchUp.....	161
Figura 62 Laboratorio de caracterización y limpieza – SketchUp	162
Figura 63 Cuarto de germinación – SketchUp	163
Figura 64 Pre-cámara – SketchUp.....	164
Figura 65 Cámara de congelación – SketchUp	165
Figura 66 Cámara fría – SketchUp.....	165
Figura 67 Área de almacenamiento – SketchUp.....	166
Figura 68 Área de capacitaciones – SketchUp.....	167
Figura 69 Sala de descanso – SketchUp.....	168
Figura 70 Servicios higiénicos – SketchUp	169
Figura 71 Cuarto del conserje – SketchUp.....	170
Figura 72 Diagrama de flujo del Banco de Semillas.....	216
Figura 73 Mapa de ideas de sostenibilidad	223

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Plan de sostenibilidad preliminar del banco de semillas.....	209
ANEXO 2. Plantilla de ficha de registro de semillas.....	225
ANEXO 3. Lista de clasificación y priorización de las especies arbustivas y arbóreas	226
ANEXO 4. Ficha de validación del diseño arquitectónico	239
ANEXO 5. Memoria descriptiva del banco de semillas	240
ANEXO 6. Panel fotográfico de la recolección de muestras de suelo y datos climatológicos	246
ANEXO 7. Certificado de calibración del termohigrómetro	249
ANEXO 8. Ficha de autorización del SERFOR en acceso a la zona de estudio e investigación.....	252
ANEXO 9. Resultados del análisis de fertilidad de suelo.....	257

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Polylepis* son uno de los ecosistemas altoandinos más importantes y delicados a nivel internacional, debido a su limitada distribución, su variada biodiversidad y su significativa importancia en función de servicios ecosistémicos. Varios estudios indican que estos bosques brindan servicios ecosistémicos como el manejo y control del recurso hídrico, la regulación del suelo, la absorción de carbono y la preservación de la biodiversidad local como la avifauna (Araca et al., 2021; Ames et al., 2021). No obstante, a pesar de su importancia ecológica y los servicios que brinda, los bosques de *Polylepis* son considerados uno de los ecosistemas más vulnerables del Perú.

Actividades como la fragmentación del hábitat, el crecimiento de actividades agropecuarias, los incendios forestales y las consecuencias del cambio climático han provocado una continua degradación de estos bosques, restringiendo su habilidad de regeneración natural (Vilca, 2018; Chanove-Manrique y Cárdenas-Pillco, 2024). Específicamente, la especie *Polylepis rugulosa*, la cual es una especie emblemática de los bosques del sur del Perú, enfrenta obstáculos en su regeneración debido a diversos factores ambientales severos y la escasa viabilidad de sus semillas en circunstancias naturales (Cáceres et al., 2021; Huayta et al., 2025).

A pesar de que el Estado peruano, a través de sus entidades encargadas de velar por el medio ambiente, como el Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), fomentan la protección y conservación de especies de flora autóctonas con la creación de métodos técnicos y estrategias para resguardar los ecosistemas en riesgo, en la ciudad de Arequipa existe una escasa implementación de tácticas y técnicas enfocadas en la conservación del germoplasma forestal local.

Asimismo, el bosque de *Polylepis* en Cacayaco, como todo ecosistema, posee condiciones ambientales específicas que impactan su dinámica ecológica y los procesos de regeneración

natural. Investigaciones previas mencionan que condiciones ambientales como el clima, la altitud y las propiedades del suelo influyen de manera notable en la floración, fructificación y germinación de las especies que integran estos bosques (Yaranga Cano et al., 2021; Supo, 2024). Por lo que es fundamental producir información técnica que facilite el diseño de estrategias de conservación acordes a la realidad local.

En este contexto, los bancos de semillas se establecen como una estrategia complementaria a la conservación *in situ*, facilitando la protección de material genético viable para futuras iniciativas y estrategias de conservación de las especies, en otras palabras, tener una copia de seguridad. (Di Sacco et al., 2020). El Millennium Seed Bank Partnership del Royal Botanic Gardens, Kew (2020), conocido como el programa de conservación de plantas *ex situ* más grande y diverso del mundo, subraya que los bancos de semillas son una herramienta fundamental ante situaciones de pérdida acelerada de biodiversidad como el cambio climático. La presente investigación se enfoca en el diseño de un banco de semillas como una opción de conservación *ex situ* para las especies del bosque de *Polylepis* en la comunidad de Cacayaco. La investigación incluye una caracterización climática preliminar, la identificación y registro de árboles y arbustos más representativos, el análisis morfológico y, finalmente, la propuesta de un diseño de infraestructura del banco de semillas basado en otros a nivel internacional, acompañado de un plan de sostenibilidad para asegurar su viabilidad a largo plazo. No obstante, también se considera la participación comunitaria en la gestión ambiental, un factor que autores como Oviedo & Rivera, (2020) y Tapella et al., (2021) subrayan como crucial para tener éxito al momento de desarrollar iniciativas de conservación, sobre todo en gran escala.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Problemática de la investigación

El bosque de *Polyelpis* de Cacayaco, ubicado en Chiguata, constituye uno de los ecosistemas altoandinos más importantes del Perú debido a los servicios ecosistémicos que brinda, como la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono, el mantenimiento y conservación de la biodiversidad y el abastecimiento de recursos vitales para las comunidades altoandinas (Jururo Quispe, 2018). Sin embargo, este ecosistema presenta un proceso de degradación acelerado, debido a la presión antropogénica ejercida por la expansión agrícola, el sobrepastoreo, la tala selectiva y los incendios forestales no controlados, alterando progresivamente su equilibrio ecológico, provocando la desaparición de su estructura y composición florística (Aucca & Ferro, 2014; Zegarra Amézquita, 2015). Un ejemplo de ello fue el incendio forestal registrado en 2018 en Chiguata y la frontera entre Arequipa y Moquegua, que además de generar daños incalculables, causó la desaparición de queñuales y diversas especies de flora y fauna nativa del lugar, lo que perjudicó seriamente el ecosistema de la región y demostró la alta vulnerabilidad de estos ecosistemas frente a disturbios antrópicos (Vilca, R. 2018).

A pesar de la situación preocupante que presenta el bosque de Cacayaco, aún no se han propuesto estrategias de conservación ex situ orientadas a la preservación de sus especies de flora más importantes. Estudios señalan que, aunque estos bosques poseen una supervivencia a diversos impactos tanto ambientales como antropogénicos, también se conoce que su rebrote es lento, haciendo que aumente su vulnerabilidad (Chanove-Manrique & Cárdenas-Pillco, 2024). Asimismo, según Martyn et al., (2024), la disponibilidad de semillas viables en el suelo depende de un delicado equilibrio entre los aportes de semillas y las pérdidas por germinación,

depredación o muerte, situación que se ve afectada por la tala y la generación de incendios, lo que reduce considerablemente el aporte de semillas para su rebrote y uso.

Agregado a esto, no existen estudios aplicados al diseño e implementación de bancos de semillas en Arequipa; junto con la poca información y difusión sobre su importancia, evidencia el desconocimiento de este tipo de estrategias, las cuales han demostrado ser fundamentales para conservar la diversidad genética frente al riesgo de extinción de especies vegetales a nivel global (Chapman et al., 2019), generando una brecha crítica en la capacidad de la región para responder a la pérdida de biodiversidad altoandina, comprometiendo la resiliencia del ecosistema frente a amenazas ambientales y antrópicas (Kai et al., 2023).

Por lo que el establecimiento de un banco de semillas surge como una estrategia viable para la preservación de las semillas pertenecientes a especies arbustivas y arbóreas asociadas a estos ecosistemas. Este banco plantea un diseño de infraestructura y metodologías para el desarrollo de una correcta recolección, almacenamiento y preservación de las semillas, con el fin de que estas puedan ser usadas en el futuro en caso de que se requiera material genético viable.

2. Justificación

2.1. Justificación ambiental

El bosque de Cacayaco constituye un ecosistema clave para la conservación de la biodiversidad altoandina, albergando especies arbóreas, arbustivas y herbáceas con un rol fundamental en la regulación climática, el ciclo hídrico y la captura de carbono. De acuerdo con Jururo Quispe, (2018), la presencia de estos bosques reduce la erosión y la infiltración de lluvias ocasiona una acumulación en las zonas inferiores. Según Luo et al., (2025), el manejo adecuado de la cobertura boscosa permite incrementar la regeneración natural al optimizar variables como la humedad del suelo, el grosor de la hojarasca y la luminosidad del sotobosque. Asimismo, Warriar & Kunhikannan, (2022) destacan la importancia de los bancos de semillas

como reservorios genéticos, que aseguran la resiliencia ecológica de los ecosistemas forestales frente a disturbios antrópicos. El diseño de un banco de semillas de las especies arbustivas y arbóreas del bosque Cacayaco permitirá conservar su variabilidad genética y garantizar la recuperación progresiva de su cobertura vegetal.

2.2. Justificación social

Las comunidades aledañas al bosque de Cacayaco dependen de los servicios ecosistémicos que este proporciona, como la estabilidad de los suelos agrícolas. La pérdida de cobertura forestal afecta a la calidad de vida de las poblaciones locales por la vulnerabilidad ante fenómenos como la escasez hídrica y la erosión del suelo. Según Guzmán et al., (2021), los bancos de semillas influyen en los procesos de regeneración de la cobertura vegetal, brindando a largo plazo, la disponibilidad de recursos naturales esenciales para la población circundante. De tal manera, el diseño de un banco de semillas permitirá el fortalecimiento de los medios de vida de las comunidades a través del uso de semillas de calidad por germinación y su uso futuro en la restauración de bosques.

2.3. Justificación económica

El deterioro del bosque de Cacayaco representa un costo económico creciente, este asociado a la pérdida de los recursos forestales, la reducción productiva agrícola por la erosión y el requerimiento de proyectos costosos para la recuperación ambiental. Según Jururo Quispe, (2018), el almacenamiento fluvial ocurrido favorece al aprovechamiento económico de la agricultura y la ganadería local, que representa el 40% de la población. De acuerdo con Chapman et al., (2019), la inversión en bancos de semillas representa una estrategia costo-efectiva que permite asegurar los recursos genéticos para la reforestación y restauración ecológica, reduciendo costos en la recuperación de ecosistemas degradados. Según López Guadarrama & Maldonado Reyes, (2023), la economía de la población podría conservarse con el turismo a causa de los bancos de semillas y los beneficios por los conocimientos brindados

a la agricultura y ecosistemas. Adicionalmente, Martyn et al., (2024) subrayan que las especies excepcionalmente germinables requieren esfuerzos especializados para conservarse, siendo un costo menor si se implementan preventivamente bancos de semillas antes que colapsen o desaparezcan las poblaciones naturales.

2.4. Justificación técnica

El diseño de bancos de semillas permitirá el desarrollo de protocolos específicos de recolección, manejo, almacenamiento y propagación futura de especies arbustivas y arbóreas altoandinas, muchas semillas son sensibles a la desecación, como lo señalan Pence et al., (2022) y Kai et al., (2023). Dichas técnicas permitirán la viabilidad de las semillas a largo plazo, con la posibilidad de un uso controlado en la restauración ecológica, reforestación y enriquecer las áreas degradadas. Asimismo, el diseño permitirá que las bases para futuros proyectos sean más sólidas, contribuyendo en el avance científico, la gestión ambiental eficiente y el fortalecimiento de las capacidades a nivel local y regional.

2.5. Justificación institucional

Institucionalmente, el diseño y/o implementación de bancos de semillas aporta al fortalecimiento de las capacidades locales para la conservación, incentivando la formación de especialistas como en el manejo de germoplasma vegetal. Según Breman et al., (2021) y O'Donnell & Sharrock, (2017), los bancos de semillas relacionados con redes internacionales como el Millennium Seed Bank Partnership, dan paso al fortalecimiento de la investigación científica, la cooperación interinstitucional y el desarrollo de políticas públicas enfocadas a preservar la diversidad biológica.

3. Hipótesis

Dado el papel fundamental de los bancos de semillas en la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis*, el diseño de un banco de semillas podría desempeñar un papel significativo en la preservación y restauración de estos ecosistemas

altoandinos. Esto no solo contribuiría a la resiliencia del bosque frente al cambio climático y las actividades antropogénicas, sino que también fomentaría la participación social en la conservación de su biodiversidad, promoviendo estrategias sostenibles de reforestación y educación ambiental.

4. Objetivo de la Investigación

4.1. Objetivo General

Diseñar un banco de semillas que contribuya a la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco, Chiguata – Arequipa, considerando las particularidades ecológicas y las necesidades de almacenamiento y regeneración de las especies.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar de manera preliminar las condiciones climatológicas y edafológicas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco.
- Identificar mediante reconocimiento y registro las especies de flora arbustiva y arbórea del bosque de *Polylepis* junto con sus periodos de fructificación.
- Establecer los métodos y protocolos óptimos para la recolección, manejo, almacenamiento y conservación de semillas.
- Proponer un diseño integral del banco de semillas, considerando infraestructura, equipos, materiales y protocolos de almacenamiento enfocado al diseño sostenible.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

FUNDAMENTO TEÓRICO

1. Antecedentes de Investigación

1.1. Antecedentes internacionales

El estudio de Calva-Soto et al., (2022) se enfoca en la implementación de bancos de semillas como estrategia de conservación y regeneración en bosques de Quercus en México, abordando la importancia de estos para la restauración ecológica y la mitigación de la degradación ambiental. En su investigación, los autores emplearon un diseño experimental para comparar las tasas de germinación y la viabilidad de semillas recolectadas en distintas zonas, utilizando técnicas de monitoreo de plántulas y análisis de suelo para evaluar las condiciones ideales de germinación y establecimiento. Los resultados revelaron que los bancos de semillas son herramientas eficaces para mantener la diversidad genética y facilitar la recuperación de los ecosistemas forestales, resaltando su potencial en zonas degradadas.

El estudio de Hoyle et al., (2023) explora la conservación de bancos de semillas en comunidades forestales de alta montaña, centrando su análisis en estrategias para la protección de especies nativas en el contexto del cambio climático. La metodología incluyó experimentos de germinación en viveros y ensayos de adaptación para evaluar la resiliencia de las especies a condiciones de estrés hídrico y térmico, además de entrevistas a actores locales para identificar prioridades de conservación. Los resultados muestran que la diversificación genética de los bancos de semillas mejora la capacidad de regeneración ecológica y la adaptación a futuras presiones climáticas, validando el valor de estos bancos como herramienta estratégica.

Investigaciones de Martyn et al., (2024) también discuten la importancia de los bancos de germoplasma ex situ para la conservación de especies vegetales excepcionales en Australia, resaltando los desafíos técnicos y biológicos asociados. El equipo desarrolló un marco conceptual para identificar especies “excepcionales”, aquellas difíciles de conservar mediante métodos convencionales, y propuso soluciones alternativas como colecciones vivas, cultivo in

vitro y criopreservación. Su investigación se basa en estudios de caso y en un análisis crítico de la literatura científica para elaborar recomendaciones adaptadas a las condiciones locales. Los resultados ofrecen pautas claras para superar las barreras de almacenamiento y propagación de especies difíciles, como podría ocurrir con algunas especies de *Polylepis*. Estos aportes son útiles porque brindan un enfoque técnico y metodológico para manejar semillas con requerimientos especiales. La relación directa radica en la necesidad de identificar características de las semillas del *Polylepis* y adaptar las técnicas de conservación a sus propiedades.

El estudio de Naruangsri et al., (2024) se centra en la selección de especies arbóreas nativas y su viabilidad para la restauración de bosques tropicales en Tailandia, resaltando la importancia de bancos de semillas para asegurar la disponibilidad de especies clave en proyectos de restauración. La metodología empleada combina experimentos de germinación en viveros, análisis de viabilidad y entrevistas con expertos forestales locales, generando un marco holístico y colaborativo. Los resultados destacan la alta germinación y adaptación de especies como *Hopea odorata* y *Dipterocarpus alatus*, con tasas superiores al 70%. Estos hallazgos fortalecen la idea de que la selección adecuada de especies y la implementación de bancos de semillas con criterios técnicos y culturales pueden maximizar la efectividad de programas de restauración.

Martínez et al., (2024) aborda la propagación de especies clave para la restauración ecológica de bosques secos en Argentina, explorando la utilización de bancos de semillas como herramienta para la conservación y recuperación de especies nativas. La investigación emplea experimentos de germinación controlada y medición de factores abióticos para determinar las condiciones óptimas de crecimiento, resaltando la necesidad de bancos de semillas locales adaptados a la variabilidad ambiental. Los hallazgos principales revelan que ciertas especies

nativas presentan dormancia fisiológica, lo que requiere técnicas especiales para su propagación exitosa.

Lacoretz et al., (2022), por otro lado, profundiza en la ecología de la germinación y la dormancia en especies nativas e invasoras en Argentina, evaluando el papel de los bancos de semillas como reservorios de biodiversidad y como herramienta para la restauración de ecosistemas. Utilizando pruebas de germinación en laboratorio y monitoreo de parcelas experimentales, los autores identifican patrones diferenciados de germinación entre especies nativas y exóticas, con implicaciones para la conservación y manejo de ecosistemas alterados. Los resultados sugieren que los bancos de semillas pueden favorecer la resiliencia de ecosistemas degradados si se gestionan adecuadamente, resaltando la necesidad de un enfoque integrado que considere factores biológicos y sociales.

Abad Criollo, (2012), en su trabajo de investigación, puso en marcha un banco de semillas nativas en la Granja Agroecológica Educativa del Centro Binacional de Formación Técnica Zapotepamba, en alianza con los Colegios Técnicos Agropecuarios del lado ecuatoriano de la Cuenca Binacional Catamayo-Chira. Por medio de capacitaciones, consiguió que docentes, estudiantes y padres de familia aprendieran sobre recolección, caracterización y conservación de semillas. El banco conservó 545 accesiones clasificadas en 20 familias, correspondientes a 40 especies y 124 variedades locales. Concluyendo que la capacitación fue clave, para la operación del banco de semillas, permitiendo comprender qué hacer, cuándo, dónde, con quién y qué se necesita, de acuerdo con los parámetros internacionales de recolección y manejo del germoplasma.

Rodríguez Fierro, (2012) desarrolló un modelo organizativo integral y de gestión para el Banco de Semillas de la Universidad Técnica Particular de Loja, basado en la experiencia de otros centros de conservación, una revisión bibliográfica y el conocimiento del propio banco y su personal administrativo. Resaltó la necesidad de contar con un

documento base que informe, guíe y establezca lineamientos para optimizar las actividades cotidianas y eventuales del banco.

Toapanta Alcocer, (2012) realizó un inventario de cultivos tradicionales en la parroquia La Esperanza, cantón Pedro Moncayo (Pichincha, Ecuador), e implementó un banco de germoplasma para fomentar la recuperación, conservación y consumo de estos cultivos. A través de entrevistas a 85 productores, recopiló información taxonómica y agronómica, identificando 16 especies tradicionales (arveja, chocho, avena-vicia, haba, jícama, cebada, frejol, melloco, quinua, entre otras). Las semillas fueron conservadas en frascos de vidrio y las muestras vegetativas en zarandas. Detectó que el desconocimiento sobre el uso de algunos cultivos ha limitado su consumo y visibilidad, por lo que elaboró folletos informativos como material de divulgación.

Maselli et al., (2014) establecieron un banco local de semillas nativas (criollas) de maíz y frijol en la sede UVG-Altiplano con fines de docencia y conservación. El banco almacenó 209 muestras de maíz y 23 de frijol procedentes de 16 municipios de Sololá. Se desarrollaron talleres teórico-prácticos dirigidos a estudiantes de Ingeniería Agroforestal y técnicos del proyecto UVG-USDA, así como talleres sobre buenas prácticas agrícolas y conservación de la agrobiodiversidad dirigidos a agricultores. Las muestras de maíz fueron utilizadas en un estudio preliminar de diversidad, empleando cinco marcadores microsatélites (SSR), identificando 23 alelos. Si bien el número de muestras fue limitado, se discutieron tendencias en la distribución de frecuencias alélicas.

Cruz Junior, (2015) caracterizó y evaluó los sistemas de producción y distribución de semillas a nivel local en las localidades de El Socorro, La Pampa, Nueva Concepción, Quisajche y El Campamento, pertenecientes al municipio de Acatenango. Su propósito fue producir datos que respalden la instauración de bancos comunitarios de semillas, en el contexto del proyecto denominado "Gestión del Conocimiento para la Innovación del

Desarrollo Rural Sostenible en Guatemala". El diagnóstico indicó que el suelo está predominantemente ocupado por cafetales y cultivos fundamentales como el maíz y el frijol, y que se evidencia una diversidad significativa de cultivos en patios, terrenos y cafetales, con una variedad que oscila entre 35 y 107 variedades. Evaluó como “buenas” la diversidad genética, las prácticas asociadas a los recursos fitogenéticos y la organización comunitaria; mientras que las vulnerabilidades biofísicas y sociales fueron catalogadas como “malas”. Propuso un modelo, un marco conceptual y pasos futuros para la implementación efectiva de bancos comunitarios de semillas en Acatenango.

Sandoval Montenegro, (2016) diseñó un banco de semillas para promover la sostenibilidad en la Reserva Natural “Los Cristales”, ubicada en la cuenca media del río Otún, departamento de Risaralda (Colombia). A través de un diagnóstico rápido participativo, identificó las necesidades de la reserva y su entorno, involucrando a los jóvenes de la zona. El objetivo fue que los jóvenes aprendieran a seleccionar, identificar, recolectar y almacenar semillas de su interés, con miras al aprovechamiento sostenible de la reserva. Entre las propuestas generadas por ellos se incluyeron: el diseño de un producto ecoturístico, la creación de un jardín botánico y la implementación de una tienda agroecológica comunitaria.

Moore Sierra, (2021) propuso un banco de semillas in situ en la comunidad indígena La Milagrosa, ubicada en Leticia, Amazonas colombiano, como respuesta a las inundaciones estacionales (más de 1.820 mm de precipitación) y el abandono gubernamental. Su propuesta incluyó un banco de semillas, semillero, taller de procesamiento y espacio comunal, organizados en una retícula de hexágonos regulares que optimiza el uso de los espacios interiores y exteriores. El diseño se basó en criterios definidos por la comunidad, utilizando materiales locales. Se albergan alrededor de 20 alimentos de producción agrícola (maíz, cebolla larga, piña, ñame, banano, ají, yuca, entre

otras); sin embargo, resalta que no incluyó las variedades de las especies, con el fin de lograr que la variedad de productos sea mayor. Además, el banco funciona cíclicamente y se proyecta como un sistema de propagación e intercambio con comunidades cercanas.

Costa Díaz, (2022) planteó una propuesta de mejora a la gestión del Banco de Germoplasma de la UTPL. Para ello, realizó una revisión bibliográfica e implementó un modelo de gestión administrativa y técnica orientado a la conservación y uso sostenible de las semillas existentes. Entre sus resultados, realizó una gestión de las funciones del área administrativa y técnica; además, determinó que las actividades de conservación se alinean con las normas nacionales e internacionales para bancos de semillas y, finalmente, propuso estrategias de vinculación con la comunidad agrícola, académica y científica del cantón Paltas.

Méndez Barreto, (2023) evaluó la funcionalidad del Banco de Semillas Comunitario APA Azuay, en Cuenca (Ecuador), destinado a conservar variedades agrícolas de interés. Encontró que la biodiversidad y riqueza del banco eran intermedias, al contener solo 14 especies de siete familias botánicas, con bajo número de muestras y algunas semillas contaminadas. Además, observó que el banco no ha fomentado una cultura nueva de almacenamiento de semillas, ya que esta práctica ya existía con otros fines. Concluyó que el banco no es actualmente funcional y recomendó mejorar su infraestructura, técnicas de conservación, establecer vínculos con otras asociaciones de agricultores y diversificar las especies conservadas para que cumpla plenamente su rol.

Travez Guanotuña, (2024) estableció dos bancos de semillas en las parroquias de Chugchilán e Isinliví, en la provincia de Cotopaxi (Ecuador), para conservar especies vegetales tradicionales que están en riesgo por el cambio climático y el reemplazo por variedades mejoradas. Se encontraron 43 muestras, destacando en Isinliví seis tipos de maíz (morado, rojo, negro, fresa, entre otros) y en Chugchilán nueve variedades de haba (negra,

nuya amarillo, nuya pitaca, verde, roja, etc.). Las semillas fueron almacenadas en los bancos locales. Además, se capacitó a 13 agricultores y a dos representantes de los bancos, destacando la importancia de preservar las variedades autóctonas por su adaptabilidad, valor cultural y papel en la seguridad alimentaria.

1.2. Antecedentes nacionales

El estudio de Cáceres et al., (2021) aborda la caracterización de bancos de semillas en bosques de *Polylepis* de la región de Cusco, destacando su importancia para la restauración ecológica y la seguridad hídrica en ecosistemas andinos. Para ello, empleó una metodología basada en la recolección de semillas en diferentes altitudes y en la aplicación de pruebas de viabilidad y germinación en laboratorio, complementadas con análisis de características edáficas y climáticas. Los resultados mostraron que la germinación disminuye a mayor altitud, revelando que las semillas de *Polylepis* presentan retos para la propagación natural. Este hallazgo es clave, ya que pone de manifiesto la necesidad de adaptar los bancos de semillas a las condiciones particulares de cada ecosistema de montaña.

Domic et al., (2020) en parte, explora las dinámicas de regeneración natural en bosques de *Polylepis* de la región andina peruana, enfatizando la importancia de entender las características ecológicas y estructurales de estas especies para diseñar estrategias de restauración efectivas. Mediante observaciones de campo, análisis de la regeneración de plántulas y mediciones de variables microclimáticas, el estudio identificó factores críticos que determinan el éxito de la regeneración. Los resultados indican que la regeneración está fuertemente influenciada por la cobertura del dosel y la disponibilidad de micrositios favorables.

Yaranga Cano et al., (2021) examina el estado hídrico de bosques de *Polylepis* en la región central del Perú, evaluando la influencia de la altitud y las pendientes en la fisiología vegetal y la resiliencia hídrica. Utilizó mediciones de potencial hídrico foliar con bomba de

presión y análisis de índices de vegetación NDVI mediante drones, además de observaciones de campo detalladas. Los resultados evidencian que la altitud y el microclima generan diferencias significativas en la capacidad de retención de agua de las especies, información esencial para la conservación de estos ecosistemas.

Asimismo, Araca et al., (2021) realiza una valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos del bosque altoandino de *Polylepis rugulosa* en Arequipa, empleando el método de Análisis de Red Analítica (ANP) y entrevistas con actores locales. A través de este enfoque, identificaron servicios clave como la regulación climática, la provisión de agua y el control de la erosión, estableciendo rangos económicos de hasta USD 102 millones. Esta valoración es relevante, pues evidencia el valor tangible de conservar el bosque de *Polylepis* y los beneficios que su restauración puede aportar a la comunidad.

Morales & Morales, (2023) enfocados en la cartografía y distribución de los bosques de *Polylepis* en la región de Tacna, aportan gran variedad de información clave para la conservación de estas semillas. La metodología incluyó la recolección de muestras botánicas en campo, análisis geoespacial con SIG y validación de especies en herbarios, lo que permitió elaborar mapas precisos y actualizados. Los resultados identificaron 25 bosques fragmentados con dos especies principales: *P. rugulosa* y *P. tarapacana*, resaltando la urgencia de su protección.

De tal manera, Huayta et al., (2025) investiga la baja viabilidad y germinación de las semillas de *Polylepis flavipila* en los Andes peruanos, resaltando los desafíos que esto implica para los proyectos de restauración ecológica. Utilizando pruebas de laboratorio como viabilidad por tetrazolio y ensayos de germinación en viveros, correlacionaron estas variables con características del árbol madre como altura y peso de semillas. Los resultados fueron alarmantes, con tasas de germinación menores al 1%, sugiriendo un alto riesgo de fracaso en iniciativas de reforestación si no se seleccionan adecuadamente las semillas. Esta investigación

alerta sobre la necesidad de evaluar la calidad fisiológica de las semillas de *Polylepis* y adaptar los bancos a estos desafíos.

1.3. Antecedente Locales

Aguilar, (2022) en sus estudios ha obtenido información valiosa al analizar las dinámicas de restauración ecológica en el bosque de *Polylepis* de Cacayaco, considerando las prácticas tradicionales y las presiones ambientales. Se empleó un enfoque participativo, con entrevistas a comuneros y talleres de diagnóstico, complementados con registros fotográficos y análisis de cobertura forestal mediante drones. Los resultados mostraron que las prácticas tradicionales, como el pastoreo controlado, pueden favorecer la regeneración de *Polylepis* si se manejan adecuadamente.

Oviedo & Rivera, (2020) resaltan la interacción entre las comunidades campesinas y la conservación del bosque de *Polylepis* en Cacayaco, Arequipa, proporcionando un marco sociocultural clave. Su metodología incluyó entrevistas semiestructuradas, observación participante y análisis de prácticas productivas como la recolección de leña y el pastoreo, complementadas con registros de biodiversidad del sotobosque. Los resultados indican que las prácticas locales tienen un doble efecto: pueden contribuir a la conservación o, en su defecto, acelerar la degradación del bosque si no se regulan. Este enfoque sociocultural es esencial, pues evidencia que el éxito de un banco de semillas no solo depende de criterios técnicos, sino también del involucramiento comunitario.

Supo, (2024) asimismo se centra en la composición florística y la estructura poblacional de *Polylepis rugulosa* en Chiguata, aportando datos esenciales sobre la dinámica forestal y la regeneración natural. La metodología consistió en muestreos en parcelas de 0.1 ha, midiendo altura, diámetro y cobertura de copa de árboles, complementados con inventarios florísticos detallados. Los resultados revelan una estructura poblacional en forma de J invertida, con alta presencia de individuos juveniles, lo que sugiere una regeneración activa en ciertas zonas.

Por último, Rodríguez Portilla, (2021) desarrolla un modelo predictivo de nichos ecológicos para planificar la reforestación de *Polylepis rugulosa* en Characato, Arequipa, aportando herramientas útiles para la planificación territorial. La metodología empleó datos de campo y variables climáticas, analizadas con el software Maxent, para proyectar la distribución potencial de *Polylepis* bajo escenarios de cambio climático. Los resultados muestran que las áreas más aptas para la regeneración futura coinciden con las zonas de mayor altitud y humedad.

2. Marco Teórico

2.1. Bosques relictos altoandinos

Los bosques relictos altoandinos son ecosistemas singulares que sobreviven en las zonas más elevadas de la cordillera andina, caracterizados por su antigüedad evolutiva y su aislamiento ecológico. Según Ames et al., (2021), estos bosques “constituyen remanentes de formaciones vegetales que ocuparon grandes extensiones en el pasado, hoy restringidas a espacios limitados por el cambio climático y la intervención humana” (p. 24). Están compuestos principalmente por especies leñosas adaptadas a condiciones extremas de altura, como *Polylepis* spp., y se desarrollan entre los 3500 y 4800 msnm. En ese sentido, Christmann et al., (2025) afirman que “los bosques de *Polylepis* crecen hasta los 4800 metros sobre el nivel del mar, siendo uno de los ecosistemas arbóreos más altos del mundo”. Ticse et al., (2023) complementa esta visión al resaltar su carácter de “refugios bioclimáticos, donde sobreviven especies endémicas que no encuentran condiciones similares en ningún otro ecosistema” (p. 14), subrayando su papel único como testigos vivos de procesos ecológicos milenarios.

Estos bosques presentan adaptaciones ecológicas específicas como la tolerancia a temperaturas extremas, suelos pobres y alta radiación solar. Christmann et al., (2025) destacan que “los bosques altoandinos, especialmente los de *Polylepis*, enfrentan retos de restauración debido a la lentitud del crecimiento de sus plántulas, condicionada por el clima, el suelo y la topografía accidentada”. Ames et al., (2021) señala que su vegetación presenta “fisonomías

abiertas, con árboles bajos, retorcidos, y con cortezas escamosas que permiten soportar heladas intensas” (p. 26). A nivel florístico, suelen estar conformados por asociaciones monoespecíficas, como ocurre con *Polylepis incana* o *P. rugulosa*, que dominan grandes áreas. En cuanto a la fauna, Ticse et al., (2023) subraya que estos ambientes “albergan especies amenazadas y endémicas, como el zambullidor de Junín, el oso andino o aves del género *Anairetes*” (p. 17). Asimismo, su localización en zonas de difícil acceso ha permitido que algunos fragmentos se conserven en relativo buen estado, aunque presiones como el sobrepastoreo, el fuego y la tala continúan degradando muchas áreas remanentes.

Los bosques relictos altoandinos cumplen funciones ecológicas clave para los ecosistemas y las comunidades humanas de altura. En términos ambientales, actúan como reguladores hídricos, evitando la erosión de suelos y promoviendo la infiltración de agua. Ames et al., (2021) explica que “estos bosques almacenan agua de la niebla en sus hojas y la liberan lentamente al subsuelo, asegurando caudales estables para los ríos andinos” (p. 29). Christmann et al., (2025) subrayan que son “almacenadores significativos de carbono”, lo que los convierte en aliados frente al cambio climático. Además, son importantes en términos socioculturales, ya que los pueblos quechuas han establecido vínculos históricos y rituales con estos paisajes. Según Ticse et al., (2023), “los bosques relictos forman parte del imaginario cultural altoandino, asociados a deidades de la montaña y prácticas ancestrales de manejo comunal” (p. 21). Así, su conservación no solo implica proteger la biodiversidad, sino también mantener vivas tradiciones culturales profundamente enraizadas.

Los bosques relictos altoandinos son ecosistemas forestales situados en las zonas más elevadas de los Andes que han perdurado como remanentes de antiguas coberturas vegetales. Se caracterizan por su aislamiento geográfico, lo que ha permitido la conservación de especies únicas adaptadas a condiciones extremas como bajas temperaturas, alta radiación solar y suelos pobres en nutrientes. Estos bosques cumplen funciones ecológicas esenciales como la

regulación del ciclo hídrico, la protección de cuencas y la conservación de la biodiversidad. Su estructura es fragmentada y su regeneración lenta, lo que los hace altamente vulnerables al cambio climático y a la presión antrópica creciente. Según Tapella et al., (2021) afirma que hay una gran importancia de un enfoque participativo que involucre a comunidades locales y actores estatales, estableciendo medidas que protejan especies endémicas y mejoren la resiliencia de estos ecosistemas frente a los impactos climáticos y antrópicos.

Por su parte, Guerra et al., (2024) amplía este concepto destacando que la conservación de estos bosques no solo garantiza la supervivencia de especies arbóreas como *Polylepis*, sino también la de aves, insectos y otras especies asociadas, todas interdependientes dentro del ecosistema. Además, resalta la urgencia de implementar políticas que articulen la gestión local y nacional, e incluyan monitoreos periódicos de la cobertura vegetal, para asegurar la eficacia de las intervenciones. Estos puntos primordiales refuerzan la idea de que la conservación es más que preservar árboles aislados: es un proceso dinámico que considera interacciones ecológicas y sociales complejas.

2.2. Bosque de *Polylepis* de Cacayaco - Chiguata

El bosque de *Polylepis* de Cacayaco se encuentra en el distrito de Chiguata, en la región Arequipa, entre los 3500 y 4100 m.s.n.m., en laderas empinadas, quebradas y zonas de difícil acceso. Este ecosistema forma parte del sistema altoandino del sur peruano, caracterizado por su altitud, bajas temperaturas y fuerte radiación solar. Alvarez et al., (2022) indican que “este relictos se ubica en un mosaico de pastizales, afloramientos rocosos y suelos arenosos que favorecen la conservación de flora endémica”. Su aislamiento topográfico y geográfico ha permitido mantener ciertas condiciones ecológicas estables. Las quebradas que lo rodean funcionan como corredores hídricos naturales, fundamentales para la regulación de agua. Este entorno favorece la retención de humedad y microclimas que benefician especies especializadas. Su localización representa un refugio para especies adaptadas a climas

extremos. La escasa presencia humana directa también ha reducido ciertas presiones de uso. Sin embargo, está expuesto a cambios inducidos por el entorno antrópico cercano.

2.2.1. Importancia

Estos bosques altoandinos son esenciales por su función ecológica, hídrica, paisajística y cultural. Destacan por su capacidad para almacenar carbono, regular caudales de agua y evitar la erosión de suelos. Joseph et al., (2021) afirman que “son paisajes vivos en donde convergen biodiversidad y prácticas culturales ancestrales vinculadas al uso del territorio”. Proveen hábitats para flora y fauna endémica, y conservan interacciones ecológicas únicas en los Andes. También tienen valor espiritual y práctico para comunidades locales que los reconocen como espacios protectores y fuentes de recursos. Actúan como barreras naturales ante fenómenos climáticos extremos, ofreciendo estabilidad al entorno. Son considerados reservorios genéticos clave frente al cambio climático. La protección de estos espacios contribuye a los objetivos globales de conservación. Además, su restauración fortalece la soberanía ecológica regional. Por ello, su valor va más allá de lo local, conectando aspectos ecológicos y socioculturales.

2.2.2. Flora

La vegetación del bosque incluye especies endémicas, epífitas, musgos, líquenes y hepáticas. Su composición varía con altitud, humedad y orientación de laderas, generando microhábitats diversos. Gradstein & Pócs, (2021) detalla que “existe una rica comunidad de briofitas que colonizan troncos, rocas y suelos húmedos, favorecida por la sombra y humedad constante del bosque”. Esta flora actúa como filtro natural, reteniendo agua y nutrientes esenciales para el ecosistema. También permite el establecimiento de especies pioneras que contribuyen a la sucesión ecológica. Muchas plantas presentan adaptaciones como hojas reducidas o estructuras lanosas para enfrentar condiciones climáticas extremas. Su reproducción depende en gran parte de la dispersión por aves o viento. Algunas especies tienen

usos medicinales y alimenticios tradicionales. La diversidad florística es un indicador del buen estado de conservación del ecosistema.

2.2.3. Fauna

La fauna es variada y especializada, con especies sensibles a la alteración del hábitat. Se reportan aves endémicas, pequeños mamíferos y anfibios de altura. Barri et al., (2021) destaca que “estos ecosistemas albergan poblaciones clave como *Cinclodes aricomae* y *Oreomanes fraseri*, aves en peligro por la pérdida de cobertura vegetal”. Estos animales utilizan los árboles para anidar, buscar alimento y protegerse de depredadores. También existen roedores andinos, la taruca y reptiles adaptados al frío y la altitud. Muchas especies dependen de la vegetación densa para su supervivencia. La pérdida de conectividad entre fragmentos boscosos afecta sus rutas migratorias y ciclos reproductivos. La presión humana reduce la disponibilidad de refugios naturales. Algunas especies cumplen funciones importantes en la dispersión de semillas, por lo que, su presencia indica la salud del ecosistema.

2.2.4. Estado de conservación y amenazas

El bosque de Cacayaco se encuentra en estado vulnerable debido a actividades humanas intensivas. Caballero et al., (2021) advierte que “menos del 10 % de la cobertura original permanece en pie, con fuerte impacto del sobrepastoreo, la quema y la expansión agrícola”. La tala selectiva debilita la regeneración natural de *Polylepis*, una especie de crecimiento lento. Además, la fragmentación del hábitat interrumpe ciclos ecológicos esenciales. El cambio climático agrava estos efectos, incrementando la aridez y reduciendo el éxito germinativo. La ausencia de políticas específicas para su protección dificulta acciones concretas de conservación. Existen esfuerzos de restauración, pero carecen de recursos técnicos y financiamiento sostenible. La participación de comunidades locales aún es incipiente. También hay falta de monitoreo sistemático sobre biodiversidad y cobertura vegetal. La vulnerabilidad ecológica exige estrategias integradas con enfoque ecosistémico y participación territorial

activa. Asimismo, los constantes incendios forestales provocados por turistas o viajeros hacen que estos ecosistemas estén en peligro constante.

Figura 1

Incendio Forestal en Chiguata



Fuente: (La Torre, 2022)

2.3. Banco de semillas

Un banco de semillas es una instalación destinada a la conservación ex situ de material genético vegetal mediante el almacenamiento prolongado de semillas en condiciones controladas. Su objetivo principal es asegurar la viabilidad, diversidad y disponibilidad de especies vegetales a largo plazo, como medida preventiva frente a la pérdida de biodiversidad, el cambio climático o fenómenos de degradación ambiental. Auffret et al., (2024) sostienen que estos bancos no solo resguardan semillas agrícolas, sino también de especies silvestres con valor ecológico, medicinal o cultural. A través de procesos técnicos como la recolección, secado, clasificación y almacenamiento a baja temperatura y humedad, se garantiza que las semillas mantengan sus propiedades fisiológicas.

Anju et al., (2022) concibe el diseño de un banco de semillas como un proceso dinámico y adaptativo que involucra la identificación de especies prioritarias, la evaluación de su viabilidad y la planificación del almacenamiento para responder a las necesidades de restauración ecológica. Asimismo, enfatiza que la implementación de bancos de semillas debe

contemplar las características ecológicas de las especies y su potencial para integrarse en programas de restauración sostenibles.

Valdes et al., (2023) sostienen que el diseño de un banco de semillas es una estrategia integral que articula la caracterización de especies, el análisis de su dispersión y la evaluación de la capacidad de germinación, con el objetivo de restaurar comunidades vegetales degradadas. Según estos autores, dicho diseño debe considerar la variabilidad espacial y temporal de los bancos de semillas y la influencia de especies arbóreas que contribuyen a la regeneración natural para lograr un efecto más exitoso.

Schnee et al., (2023) asimismo definen el diseño de un banco de semillas como un proceso técnico y científico que busca conservar la diversidad funcional y estructural de los ecosistemas a través de estrategias de recolección, almacenamiento y propagación.

2.3.1. Importancia

Según Nakum et al., (2025), “los bancos de semillas no solo resguardan la diversidad genética de cultivos, sino que actúan como una póliza de seguro ante catástrofes ambientales o pérdidas genéticas en campo”, destacando su papel como salvaguardas estratégicas de recursos fitogenéticos. Esta función es aún más relevante en un contexto de crisis climática y degradación de ecosistemas, donde conservar semillas adaptadas localmente resulta clave para futuras generaciones. Por su parte, Dillon et al., (2023) señala que “los bancos de semillas constituyen un patrimonio biológico y cultural de las comunidades, permitiendo restaurar cultivos tradicionales, fortalecer sistemas agrícolas sostenibles y garantizar el acceso a semillas diversas y de calidad”.

2.3.2. Casos Exitosos

2.3.2.1. Caso 1 – Turner Shane (2022):

En Australia, Turner (2022) documenta un caso ejemplar en el que los bancos de semillas se utilizaron como herramienta central para restaurar terrenos impactados por la

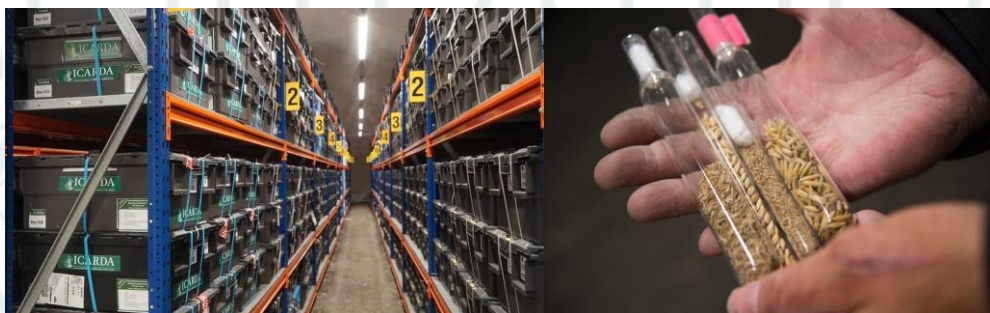
actividad minera. El autor detalla que el enfoque consistió en la recolección, almacenamiento y posterior siembra de especies autóctonas, logrando resultados efectivos en la regeneración del ecosistema. Según indica, “los bancos de semillas han demostrado ser herramientas esenciales para recuperar especies nativas en ecosistemas severamente alterados”.

2.3.2.2. Caso 2 – Banco de Semillas de Svalbard

En el caso del Banco Mundial de semillas de Svalbard, el Ministerio de Agricultura de Noruega y NordGen., (2020) destaca su papel como la bóveda global de resguardo genético más importante del planeta. Ubicada en el Ártico noruego, esta instalación almacena duplicados de semillas provenientes de todo el mundo en condiciones de criopreservación. “Este resguardo asegura la disponibilidad futura de variedades agrícolas clave frente a conflictos, guerras o catástrofes climáticas”, resaltando su rol como salvaguarda de la seguridad alimentaria mundial orientada a escenarios de emergencia, siendo un seguro genético para la humanidad.

Figura 2

Bóveda Global de Semillas de Svalbard



Fuente: (Ministerio de Agricultura de Noruega y NordGen., 2020)

2.3.2.3. Caso 4 – Aguilar Luis, Miguel (2024):

En México, Aguilar et al., (2024) presenta una experiencia significativa en zonas semiáridas del altiplano, donde bancos de semillas fueron utilizados para restaurar ecosistemas deteriorados por la desertificación. A través de la reintroducción de especies nativas y el trabajo conjunto con poblaciones rurales, se logró revertir procesos de degradación del suelo. El autor señala que “la implementación de bancos de semillas permitió recuperar especies endémicas y

mejorar las condiciones ecológicas de suelos degradados”, evidenciando que su uso va más allá de lo agrícola, abarcando también la restauración ambiental.

2.3.2.4. Caso 4 – Porcuna-Ferrer (2020):

Aunque el estudio se centra en Ecuador, Porcuna, F. (2020) proporciona una referencia aplicable a contextos peruanos. En este caso, se analiza la experiencia del Banco Comunitario de Semillas APA Azuay, orientado a la conservación de variedades locales y al empoderamiento de comunidades indígenas. El autor subraya que “los bancos comunitarios son nodos de resistencia cultural y ecológica frente a la homogeneización del sistema agroalimentario”, destacando su papel en la protección del patrimonio genético campesino. La estructura del banco es participativa y gestionada por los propios agricultores, lo que garantiza una conservación activa y sostenible en el tiempo.

Figura 3

Banco de semillas en Sierra de los Cuchumatanes, Guatemala



Fuente: (Porcuna, F. 2020)

2.3.2.5. Caso 5 – Maselli et al., (2014):

Este caso se enfoca en la investigación realizada por Maselli et al., (2014), que establecen un banco local de semillas autóctonas (criollas) de maíz y frijol en la sede de UVG- Altiplano. Aproximadamente 209 muestras de maíz y 23 de frijol se almacenan, de las cuales 16 son originarias de los municipios de Sololá. Además de la instauración del banco, se llevaron

a cabo talleres teórico-prácticos sobre la gestión de semillas en bancos, destinados a alumnos de la carrera de Ingeniería Agroforestal en colaboración con el personal encargado del proyecto. Este caso subraya el valor de las prácticas agrícolas óptimas, la preservación de la agrobiodiversidad, la calidad y el almacenamiento de semillas para bancos comunitarios.

Figura 4

Banco de semillas en UVG-Altiplano



Fuente: (Maselli et al., 2014)

2.3.2.6. Caso 6 – Travez Guanotuña, (2024)

En Latacunga - Ecuador, Travez Guanotuña, (2024) estableció dos bancos de semillas en las parroquias Chugchilán e Isinliví con el objetivo de conservar las especies vegetales tradicionales de la zona, las cuales sufren una constante erosión genética debido al cambio climático y el desplazamiento por variedades mejoradas. Resaltando la relevancia de apreciar y conservar las variedades autóctonas, no solo por su capacidad de adaptación, sino también por su función en la preservación de la diversidad genética y la seguridad alimentaria de las colectividades. Además, los bancos de semillas locales aseguran que los productores agrícolas dispongan de estas semillas para la próxima temporada de siembra, o para servir como un recurso de emergencia en caso de pérdida de cultivos.

Figura 5

Banco de semillas en las parroquias de Chugchilán e Isinliví



Fuente: (Travez Guanotuña, 2024)

2.3.2.7. Caso 7 – Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco (UNSAAC)

El Banco de Germoplasma de Granos Andinos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco (UNSAAC) en colaboración con el Ministerio del Ambiente y la Escuela, gestionado a través del Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA), es uno de los bancos más importantes tanto a nivel nacional como mundial. Su enfoque se centra en la preservación ex situ del material genético de cultivos tradicionales como papa, tarwi, quinua, kiwicha, oca, mashua, yacón, maíz, etc. Las cuales se entregan a pobladores de 17 comunidades pertenecientes a las provincias de Paruro, Paucartambo, Anta y Calca. Asimismo, cuentan con un catálogo especializado sobre quinua como parte del Programa de Investigación en Quinua del Centro de Investigación en Cultivos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSAAC (Alvarez, A., & Céspedes, E. 2017).

Figura 6

Banco de semillas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco



Fuente: (Torres Guevara et al., 2019)

2.3.2.8. Caso 8 – Centro Internacional de la Papa (CIP)

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una organización de investigación científica dedicada a la conservación, estudio y aprovechamiento sostenible de la papa y otros tubérculos andinos como camote, oca, mashua y olluco. Creada en 1971 en Lima, Perú, conservan más de 4.500 variedades de papa. El procedimiento de almacenamiento es mediante el cultivo in vitro en tubos de ensayo, agregándoles nutrientes y otras sustancias para retrasar su proceso de crecimiento. Asimismo, realizan trabajo de cruce de especies para combatir los problemas ambientales de hoy en día. Un ejemplo son las papas biofortificadas “Kallpa Yawri” y “Puka Yawri”, las cuales poseen un alto contenido de hierro y mejoran la capacidad de absorción de este elemento en el cuerpo humano (Gonzales, 2024).

Figura 7

Banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa



Fuente: (Gonzales, 2024)

2.3.3. Clasificación

2.3.3.1. Bancos comunitarios

Song (2022) en su estudio sobre el papel de los bancos comunitarios de semillas en el fortalecimiento de la resiliencia agrícola en entornos rurales menciona que estos son estructuras que permiten conservar variedades tradicionales adaptadas a condiciones agroecológicas específicas. Según el autor, “los bancos comunitarios no solo actúan como reservas genéticas, sino también como plataformas de intercambio de saberes ancestrales” (Song, 2022, p. 8). Además, fomentan la seguridad alimentaria, reducen la dependencia del mercado de semillas comerciales y promueven la equidad de género mediante la participación de mujeres en su gestión. La estructura de estos bancos suele ser horizontal y participativa, asegurando que las decisiones sean tomadas por los propios agricultores, lo que garantiza la apropiación local del sistema. Su relevancia radica en que vinculan conservación biológica con justicia social.

Figura 8

Banco de semillas comunitario



Fuente: (ProActivo, 2023)

2.3.3.2. Bancos de germoplasma

Cámara et al., (2024) lo describen como instalaciones que operan bajo estrictos protocolos científicos, almacenando semillas en condiciones controladas para conservar su viabilidad a largo plazo. El autor sostiene que “los bancos de germoplasma representan una herramienta esencial para garantizar la seguridad alimentaria futura y enfrentar los desafíos del cambio climático” (Cámara, 2024, p. 5). También resalta su papel en programas de mejoramiento genético, investigación científica y recuperación de especies en riesgo. A diferencia de los bancos comunitarios, tienen un enfoque más centralizado y científico, gestionados usualmente por institutos nacionales e internacionales estos bancos requieren tecnologías de punta, como criopreservación y monitoreo digital.

Figura 9

Banco de Germoplasma



Fuente: (La Alianza de Bioversity International, 2021)

2.3.4. Técnicas

2.3.4.1. *Recolección*

Wambugu et al. (2023) afirman que “la calidad de un banco de semillas comienza con una recolección bien diseñada, que integre protocolos científicos y el conocimiento ecológico local” (Wambugu et al., 2021, p. 3). Para ello, se recomienda utilizar herramientas georreferenciadas, registrar condiciones ambientales y seleccionar frutos sanos y maduros. Además, se resalta la necesidad de capacitar a los recolectores y aplicar estándares éticos de acceso a recursos genéticos. Esta fase es fundamental para evitar cuellos de botella genéticos y garantizar la trazabilidad del material vegetal.

2.3.4.2. *Almacenamiento*

Balasupramaniyam et al. (2025) destacan que el almacenamiento de semillas debe realizarse bajo condiciones controladas de humedad y temperatura para conservar su viabilidad durante largos periodos. Su investigación demuestra que “la eficacia del almacenamiento depende de parámetros precisos como el contenido de humedad del embrión y el uso de materiales herméticos que eviten la oxidación” (Balasupramaniyam et al., 2022, p. 7). Se menciona que las semillas ortodoxas pueden almacenarse en cámaras frías a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que las recalcitrantes requieren técnicas como criopreservación. Asimismo, se recomienda el

uso de paquetes sellados al vacío, monitoreo periódico de la viabilidad y actualización de bases de datos digitales. El éxito de esta técnica radica en mantener condiciones constantes y prevenir deterioros causados por hongos o fluctuaciones ambientales.

2.3.4.3. Conservación

Gargiulo et al. (2025) sostiene que “la conservación efectiva combina el almacenamiento físico con tecnologías digitales que permiten el seguimiento en tiempo real de la viabilidad y calidad genética de las colecciones” (Gargiulo et al., 2023, p. 11). Se destaca el uso de sensores inteligentes, códigos QR y sistemas blockchain para asegurar la trazabilidad. Además, se promueve la estrategia de conservación activa, mediante pruebas periódicas de germinación, regeneración de muestras y duplicación en bancos secundarios. Estos métodos buscan mitigar la pérdida genética a lo largo del tiempo y asegurar el acceso equitativo a los recursos almacenados. La integración de ciencia de datos permite una toma de decisiones más eficiente en el manejo de germoplasma.

2.4. Semillas

2.4.1. Descripción

La semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas espermatófitas, cuya función principal es propagar y perpetuar la especie a la que pertenecen (Vernooy et al., 2024). Representa un elemento crucial en el ciclo de vida vegetal, actuando como mecanismo de perennización que permite a las plantas perdurar de una generación a la siguiente (Vernooy et al., 2024). Gracias a las semillas, las plantas pueden dispersarse tanto en el espacio como en el tiempo: aún de forma latente, las semillas posibilitan que una especie colonice nuevos sitios y microambientes cuando las condiciones son adecuadas (Vernooy et al., 2024). En otras palabras, la semilla funciona como la unidad móvil de la planta, portando en su interior un embrión vivo junto con reservas nutricionales y una cubierta protectora que le permite sobrevivir períodos desfavorables hasta la germinación.

2.4.2. Importancia

2.4.2.1. Ambiental

Desde una perspectiva ambiental, las semillas cumplen un rol insustituible en la regeneración natural de las comunidades vegetales. Constituyen el medio mediante el cual las plantas colonizan áreas nuevas o sitios perturbados a través de su dispersión o desde los bancos de semillas del suelo, facilitando así la resiliencia y recuperación de los ecosistemas (Wu et al., 2021). La dispersión a distancia que logran las semillas promueve el flujo génico entre poblaciones, lo que contribuye a mantener una alta diversidad genética y baja diferenciación poblacional; por ejemplo, en especies altoandinas de semillas dispersadas por el viento se ha observado un considerable intercambio genético que reduce la fragmentación genética entre bosques (Eckardt, 2021). Sin embargo, cuando la disponibilidad o calidad de las semillas es baja, la regeneración ecológica puede verse seriamente limitada. Estudios en los Andes peruanos reportan, por ejemplo, que *Polylepis flavipila* (árbol nativo amenazado) presenta tasas de viabilidad y germinación de sus semillas inferiores al 5%, las más bajas registradas para el género, lo que supone un obstáculo crítico para la repoblación natural de sus bosques relictos (Wu et al., 2021). Este escenario de calidad fisiológica deficiente en las semillas debido en gran parte a embriones ausentes o no viables, lo que representa un factor de riesgo que agrava el estado de amenaza de la especie y refuerza la necesidad de intervenciones de conservación (Wu et al., 2021).

Además de sustentar la dinámica natural de los ecosistemas in situ, las semillas son fundamentales en estrategias de conservación de la biodiversidad tanto in situ como ex situ. En condiciones naturales, la vida latente de las semillas en el suelo es limitada muchas pierden viabilidad tras uno o pocos años y la disponibilidad de hábitat puede restringir la persistencia de poblaciones enteras (Ma et al., 2021). Por ello, la ciencia de la conservación recurre al almacenamiento de germoplasma en bancos de semillas, técnica ex situ que permite mantener en espacios relativamente pequeños una representación amplia de la diversidad genética de

numerosas especies (Ma et al., 2021). Esta medida facilita la preservación a largo plazo de plantas silvestres amenazadas y la conservación de la variabilidad genética esencial para la adaptación y evolución futuras. De hecho, metas internacionales como la Estrategia Global para la Conservación de Plantas reconocen esta importancia: proponen asegurar que al menos el 75% de las especies vegetales amenazadas estén conservadas en colecciones ex situ (por ejemplo, bancos de semillas) y que se capture al menos el 70% de la diversidad genética de los cultivos importantes, sus parientes silvestres y otras especies de valor (Ma et al., 2021).

Igualmente, en los esfuerzos de restauración ecológica, contar con semillas de alta calidad es crítico. Szablińska & Lahuta, (2023) señalan que el uso de semilla de procedencia y calidad adecuadas resulta esencial para la reforestación exitosa de bosques altoandinos, pero advierten que todavía son pocas las especies nativas evaluadas científicamente para determinar los factores que afectan su viabilidad y germinación (Szablińska & Lahuta, 2023). Aun así, el conocimiento sobre la ecofisiología de las semillas nativas ha ido en aumento; por ejemplo, investigaciones recientes proporcionan lineamientos para mejorar el manejo de semillas en programas de conservación ex situ y la producción de plántulas destinadas a la restauración de bosques andinos (Fabšičová et al., 2024).

2.4.2.2. Económica

En el plano económico, las semillas —especialmente las de especies nativas— revisten un valor estratégico para diversas actividades humanas. La agricultura depende de manera directa de la calidad y disponibilidad de las semillas. Maarouf, (2022), enfatiza que el uso de una semilla vigorosa y genéticamente adecuada es condición para alcanzar buenos rendimientos. En los Andes, las semillas de diversos cultivos originarios (como la quinua, kiwicha, cañihua, entre otros pseudocereales y legumbres altoandinos) forman la base de la seguridad alimentaria local y, tras milenios de selección, constituyen un patrimonio genético de gran valor comercial. Por ejemplo, la quinua (*Chenopodium quinoa*), domesticada por culturas altiplánicas, se ha

convertido en un producto de exportación global con un mercado que mueve cientos de millones de dólares anuales, beneficiando económicamente a comunidades campesinas andinas y posicionando a esta semilla nativa en la gastronomía mundial (Díaz et al., 2005).

En el sector forestal y agroforestal, las semillas de especies nativas desempeñan un papel igualmente importante. La producción de plántones para reforestación y restauración ecológica requiere un suministro constante de semillas de especies locales; el establecimiento de viveros forestales comunitarios en los Andes, por ejemplo, genera empleo y actividad económica alrededor de la colecta, procesamiento y venta de semillas nativas destinadas a proyectos de reforestación y compensación ambiental (Fabšičová et al., 2024).

Adicionalmente, varias especies arbóreas altoandinas proveen insumos valiosos a industrias especializadas. Un caso destacado es la tara (*Caesalpinia spinosa*), un árbol nativo cuyas vainas y semillas se utilizan para extraer taninos y gomas naturales. El Perú es actualmente el mayor productor mundial de estos derivados de tara, aportando aproximadamente 28% de las exportaciones globales de taninos vegetales usados en curtiembres y otros procesos (MINAM, 2018). Esto refleja cómo la explotación sostenible de semillas y frutos de una especie nativa puede convertirse en una cadena productiva de importancia internacional. De hecho, la demanda mundial de taninos orgánicos obtenidos de plantas como la tara supera las 50 mil toneladas anuales, lo que constituye una oportunidad de mercado que incentiva la siembra y manejo silvicultural de esta especie nativa como alternativa económica rentable.

2.4.2.3. Social y Cultural

Más allá de su valor ecológico y productivo, las semillas poseen una profunda dimensión social y cultural, especialmente en contextos indígenas y rurales de los Andes. Por milenios, los pueblos altoandinos han desarrollado un conocimiento ancestral en torno a las semillas, considerándolas fuente de vida y eje de la soberanía alimentaria. Tradicionalmente,

existían espacios y rituales dedicados exclusivamente a la preservación de las semillas para la siguiente temporada agrícola; poseer un acervo de semillas nativas era (y es) visto como un símbolo de riqueza y seguridad, con un valor que trasciende lo meramente material (Gianelli et al., 2025). Hasta el día de hoy, muchas familias campesinas en los Andes continúan la práctica de guardar e intercambiar sus propias semillas llamadas muchas veces semillas criollas o locales mediante redes comunitarias de trueque y ferias de semillas, manteniendo vivas decenas de variedades que de otro modo se habrían perdido por la homogenización comercial (Gianelli et al., 2025).

Las semillas también están imbricadas en la cosmovisión andina y en las prácticas culturales. En muchas culturas quechua y aymara, se considera que las semillas tienen vida, espíritu e incluso memoria; por ello se las trata con respeto y ceremonias propiciatorias. Por ejemplo, durante la selección y almacén de las semillas para la siembra, es común que los agricultores realicen rituales como el sahulado con hierbas aromáticas (Gianelli et al., 2025).

Estas prácticas, transmitidas de generación en generación, reflejan una comprensión profunda de la relación simbiótica entre el ser humano y las semillas: se reconoce a la semilla como un ser con agencia, al que hay que “criar” y cuidar para que continúe el ciclo de la vida. Asimismo, existe una vinculación especial de las semillas con los roles de género en las comunidades andinas. Tradicionalmente, las mujeres han sido las guardianas de las semillas, encargándose de su selección y conservación, lo cual se asocia a su rol de dadoras de vida dentro de la cosmovisión indígena (Gianelli et al., 2025).

Ellas atesoran y transmiten los saberes sobre qué semilla proviene de la mejor planta, cómo secarla, almacenarla en quipus o costales de fibra natural, y cuándo “despertarla” para la siembra, asegurando así la continuidad agrícola y cultural. En los últimos años, movimientos como las “guardianas de semillas” han cobrado visibilidad, reivindicando el valor de los conocimientos tradicionales en la conservación de la agrobiodiversidad y enfrentándose a

desafíos modernos como la introducción de semillas híbridas o transgénicas que amenazan la diversidad local.

2.4.3. Clasificación

Existen múltiples formas de clasificar las semillas. Uno de los criterios más utilizados se basa en su comportamiento fisiológico (particularmente su tolerancia al secado y almacenamiento). En función de la capacidad de las semillas para tolerar la deshidratación y el almacenamiento en frío, se reconocen tres tipos principales:

- **Semillas ortodoxas**

Son aquellas que toleran la desecación a contenidos de humedad muy bajos ($\approx 5\text{--}7\%$ humedad) y pueden almacenarse a bajas temperaturas (incluso bajo cero) durante periodos prolongados sin perder viabilidad de forma significativa. Estas semillas adquieren tolerancia a la deshidratación durante su maduración en la planta madre y entran en un estado de vida latente una vez secas. Gracias a ello, pueden mantenerse viables por años o décadas en condiciones de almacén controladas (por ejemplo, en bancos de semillas a -20°C) (Maschinski & Walters, 2020). La mayoría de las especies de clima templado y muchas de clima tropical seco producen semillas ortodoxas; entre los ejemplos se incluyen cereales (maíz, trigo), leguminosas cultivadas (frijol, tara) y árboles de zonas áridas.

- **Semillas recalcitrantes**

En contraste con las ortodoxas, las semillas recalcitrantes no soportan la desecación más que en un grado mínimo, y por tanto no pueden secarse por debajo de $\sim 30\text{--}50\%$ de humedad sin sufrir daños (Maschinski & Walters, 2020). Son semillas generalmente grandes y ricas en nutrientes (con tejidos embebidos en agua), que permanecen metabólicamente activas después de desprenderse de la planta. Pierden viabilidad rápidamente –en cuestión de semanas o pocos meses– si se exponen a desecación o a temperaturas bajas, lo que dificulta enormemente su

conservación ex situ convencional. Ejemplos típicos se hallan en especies de zonas tropicales húmedas, como muchas frutas tropicales (mangos, aguacates), nueces grandes (castaña amazónica) y ciertas especies forestales de selva. Estas semillas evolucionaron para germinar pronto en ambientes favorables, evitando la etapa de latencia prolongada.

- **Semillas intermedias**

Constituyen un grupo intermedio entre las ortodoxas y las recalcitrantes. Las semillas intermedias toleran la deshidratación solo parcialmente –hasta contenidos de humedad mayores que las ortodoxas, pero menores que las recalcitrantes– y también presentan cierta sensibilidad al frío. Por lo general, pueden secarse moderadamente (por ejemplo, al 10–12% de humedad) y almacenarse a bajas temperaturas solo por periodos limitados, manteniendo su viabilidad durante algunos años, pero no a largo plazo indefinido (Maschinski & Walters, 2020). Un ejemplo clásico son las semillas de café (*Coffea spp.*) o cítricos, que no soportan un secado completo ni congelación profunda, pero pueden conservarse refrigeradas por un tiempo intermedio. La categoría de semillas intermedias exige técnicas de conservación especializadas (como criopreservación) si se desea prolongar su vida más allá de unos cuantos años.

3. Marco legal

3.1. Marco Internacional

3.1.1. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992)

Ratificado por el Perú mediante Resolución Suprema N.º 056-93-RE. Este convenio internacional establece obligaciones específicas relacionadas con la conservación de la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y el acceso equitativo a los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. Además, promueve el desarrollo de estrategias nacionales de conservación, el establecimiento de mecanismos de

conservación in situ y ex situ como los bancos de semillas, así como la protección de ecosistemas frágiles y especies amenazadas (Gob.pe, 2023; ONU, 2022).

3.1.2. Estrategia global para la conservación de las plantas

Enmarcado en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y formando parte del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB) en su meta 8 recomienda el establecimiento de bancos de semillas para conservar especies vegetales amenazadas.

3.1.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Se trata de un compendio de 17 objetivos globales interconectados, que constituyen un llamado universal para erradicar la pobreza, salvaguardar el planeta y mejorar las condiciones de vida a nivel global. La investigación realizada contribuiría a los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos.

ODS 13 “Acción por el Clima”, al velar por los ecosistemas forestales altoandinos de *Polylepis*, el banco de semillas contribuye a mitigar los efectos del cambio climático y reducir la vulnerabilidad de estos ecosistemas frente a los peligros climáticos.

ODS 12 “Producción y Consumo Responsables”, el banco de semillas fomenta el uso sostenible de los recursos naturales junto con prácticas sostenibles en la recolección, manejo y conservación de semillas.

ODS 15 “Vida de Ecosistemas Terrestres”, el banco de semillas fortalece la protección y conservación de los bosques de *Polylepis*, junto con el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y la reducción de la pérdida de biodiversidad.

3.2. Marco Nacional

3.2.1. Ley N.º 28611 - Ley General del Ambiente

Promulgada en 2005, esta legislación estipula que todos los individuos poseen el derecho a habitar en un entorno saludable y equilibrado, además de la obligación de contribuir a la administración ambiental y a la salvaguarda del medio ambiente.

En el numeral 72.1 de su **artículo 72**, se estipula la utilización de recursos naturales y comunidades indígenas, comunidades rurales y nativas, con el objetivo de prevenir el deterioro de su integridad cultural, social y económica.

En su **artículo 111**, se estipula que el Estado fomenta la instauración e implementación de métodos de conservación ex situ de la diversidad biológica, como los bancos de germoplasma, con el objetivo de respaldar la supervivencia de las especies en su hábitat natural. Esta estrategia de conservación debe ser contemplada en toda estrategia de conservación como un complemento para la conservación in situ (FAOLEX, 2022).

3.2.2. Ley N.º 27262 – Ley General de Semillas

Promulgada en el año 2000, la Ley General de Semillas establece las normas para la promoción, supervisión y regulación de las actividades relacionadas con la investigación, producción, certificación y comercialización de semillas de calidad en el Perú. Designa al Ministerio de Agricultura como la autoridad competente en materia de semillas, responsable de regular y supervisar estas actividades. Además, crea la Comisión Nacional de Semillas para asesorar en políticas de semillas e incentivar la cooperación público-privada en este sector.

En su **artículo 3** establece las actividades de obtención, producción, abastecimiento y uso de semillas de buena calidad como interés nacional, así como su uso como reserva utilizable de material genético mantenido para utilizar en los bancos de germoplasma (SINIA, 2025).

3.2.3. Ley N.º 29763 – Ley Forestal y de Fauna Silvestre

La Ley N.º 29763, promulgada en 2011, tiene como finalidad promover la conservación, protección, incremento y uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre en el Perú. Esta ley establece el marco legal para regular, promover y supervisar la actividad forestal y de fauna silvestre, integrando su manejo con el mantenimiento y mejora de los servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre.

El objetivo de la Ley N.º 29763, promulgada en 2011, es fomentar la conservación, protección, incremento y utilización sostenible del patrimonio forestal y de la fauna silvestre en Perú. Esta legislación establece el marco jurídico para la regulación, promoción y supervisión de la actividad forestal y de la fauna silvestre, vinculando su gestión con el mantenimiento y optimización de los servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación autóctona.

El **artículo 1** de esta legislación estipula la promoción de la conservación, protección, incremento y utilización sostenible del patrimonio forestal y la fauna silvestre en el territorio nacional, integrando la gestión del mantenimiento y optimización de los servicios ecosistémicos de los ecosistemas forestales en consonancia con el interés social, económico y ambiental. Además, se propone fomentar el desarrollo forestal, potenciar la competitividad y potenciar los recursos forestales, la fauna silvestre y los recursos de valor para la colectividad social.

Adicionalmente, el **artículo 73** indica que el Estado reconoce la susceptibilidad de los ecosistemas de bosques andinos a las repercusiones del cambio climático, proporcionando así protección y recuperación como estrategia de mitigación y adaptación a estas modificaciones. Además, fomenta iniciativas de investigación y reforestación orientadas a la restauración ecológica o forestación en dichas áreas, así como a su utilización sostenible (FAOLEX, 2024).

3.2.4. Ley N.º 26839 – Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica

Promulgada en 1997, esta ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, estableciendo principios y definiciones alineados con el Convenio sobre Diversidad Biológica. Promueve la educación, el intercambio de información, la investigación científica y la transferencia tecnológica en materia de biodiversidad.

En su **artículo 14** establece que el Estado promueve el establecimiento de centros de conservación ex situ tales como herbarios, jardines botánicos, bancos de genes, entre otros. Estos centros deberán priorizar el mantenimiento y el manejo de especies nativas y sus parientes silvestres (FALOEX, 2023).

3.2.5. Ley N.º 26834 – Ley de Áreas Naturales Protegidas

Promulgada en 1997, esta ley norma los aspectos relacionados con la gestión de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y su conservación.

De conformidad con el **artículo 68** de la Constitución Política del Perú. Establece que las ANP son espacios geográficos del territorio nacional reconocidos y establecidos legalmente para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico. En tal forma, Sánchez et al., (2024) en estudios previos, destacan que esta ley es pertinente si el bosque de *Polylepis* de Cacayaco se encuentra dentro de una ANP o en su zona de influencia, ya que proporciona el marco legal para su protección y manejo sostenible.

3.2.6. Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2050

Aprobada mediante el **Decreto Supremo N.º 008-2024-MINAM**, esta estrategia establece la hoja de ruta para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en el Perú hasta el año 2050. Tiene como objetivo reducir la degradación de la biodiversidad mediante la

implementación de políticas y acciones coordinadas entre las entidades públicas y privadas. En el marco de tu investigación, esta estrategia respalda la creación de bancos de semillas como una herramienta para la conservación de especies nativas y la restauración de ecosistemas degradados, contribuyendo así a los objetivos nacionales de conservación de la biodiversidad (SINIA, 2024).

3.2.7. Decreto Supremo N.º 018-2015-MIDAGRI, Reglamento para la Gestión Forestal

Este decreto, aprobado en 2015, establece en su artículo 132 "Conservación y recuperación de bosques andinos y bosques secos", que el SERFOR, las entidades regionales y los gobiernos deben fomentar la investigación con el objetivo de producir datos pertinentes para la toma de decisiones en relación con la gestión forestal y la fauna silvestre actual. Además, se llevarán a cabo proyectos y programas orientados a la restauración, enriquecimiento y utilización sostenible de estos ecosistemas, junto con la adaptación y mitigación a las repercusiones del cambio climático y la presión antropogénica. El artículo 149, titulado "Conservación de los recursos genéticos de flora silvestre", estipula que el SERFOR y las ARFFS implementan estrategias de preservación de los recursos genéticos mediante la instauración de bancos de germoplasma y otras estrategias de gestión ex situ de especies de flora silvestre, garantizando así la preservación del material genético de dichas especies (MINAGRI, 2015).

3.2.8. Decreto Supremo N.º 019-2021-MINAM – Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos y sus Derivados

El presente reglamento, ratificado en 2021, estipula los procedimientos para el acceso a los recursos genéticos y sus derivados en Perú, garantizando una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso. La normativa designa al Ministerio del Ambiente como la entidad responsable de la emisión de disposiciones de naturaleza transectorial en este ámbito,

y estipula que el acceso a los recursos genéticos debe ser autorizado por las autoridades nacionales pertinentes, tales como el SERFOR, el INIA, PRODUCE y el SERNANP. Este reglamento resulta pertinente para tu estudio, dado que regula el acceso y empleo de las semillas de especies autóctonas, garantizando el respeto por los derechos de las comunidades locales y fomentando la preservación de la biodiversidad (MINAM, 2025).

3.2.9. Decreto Supremo N.º 043-2006-AG - Aprueban Categorización de Especies

Amenazadas de Flora Silvestre

Este decreto publicado en el año 2006 establece el listado de las especies de flora silvestre que se encuentran bajo algún grado de amenaza, por lo que, se prohíbe su extracción, transporte, comercialización o exportación con fines comerciales. Adopta cuatro categorías internacionales basándose en los estándares de la UICN con el fin el nivel el riesgo de extinción. Esas categorías son: en peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU) y casi amenazado (NT). Asimismo, cualquier actividad que afecte a los especímenes detallados en la lista sin la autorización del SERFOR será considerada como una infracción grave.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, dado que busca diseñar un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco – Chiguata, con base en información técnica y científica.

2. Nivel de investigación

El nivel es descriptivo, ya que describe las condiciones ecológicas y técnicas necesarias para el banco de semillas, y propone un diseño adaptado a dichas condiciones.

3. Enfoque de la investigación

La investigación presenta un enfoque mixto y diseño no experimental. En primer lugar, el componente cuantitativo se presenta a través de la caracterización climatológica, edáfica y morfológica del bosque de *Polylepis* de Cacayaco aplicando variables y datos numéricos. Por otro lado, el componente cualitativo se evidencia en el diseño integral del banco de semillas, el establecimiento de protocolos y parámetros técnicos y el plan de sostenibilidad. La integración de ambos enfoques permitió ofrecer propuesta de conservación ex situ completa.

4. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación

4.1. Técnicas

4.1.1. Datos de campo

Se obtuvieron datos mediante observación directa y muestreo aleatorio simple en los puntos delimitados mediante QGIS. En campo se recolectaron muestras de suelo, coordenadas geográficas, temperatura, humedad y altitud, además de registrar la vegetación presente con notas y fotografías. Esta información permitió establecer las condiciones ecológicas del bosque de *Polylepis*, teniéndolas como base para el diseño del banco de semillas.

4.1.2. Imágenes satelitales

Se descargaron imágenes satelitales de alta resolución (Google Earth, Alos Palsar o Landsat 8) para delimitar el área de estudio y evaluar la cobertura vegetal del bosque *Polylepis* (Morales & Morales, 2023; Aguilar et al., 2024). Estas imágenes sirvieron para generar mapas climatológicos, pendiente y topografía, apoyando en la selección de puntos de muestreo y zonas de recolección.

4.1.3. Software SIG (QGIS – SAGA GIS)

Se usarán herramientas SIG como QGIS Y SAGA GIS para procesar y analizar los datos espaciales, generar mapas (altitud, humedad, radiación solar, cobertura vegetal y topografía) y determinar los puntos de muestreo, facilitando el análisis espacial y el trabajo en campo.

4.2. Instrumentos

4.2.1. Materiales y equipos para análisis de suelo

Para el análisis edafológico del suelo se emplearon los siguientes instrumentos: pala, bolsas herméticas Ziploc, guantes, etiquetas de identificación y GPS (Paz, G. & Vásquez, P. 2024). Estos equipos permitieron tomar las muestras del suelo y enviarlas a analizar a un laboratorio de análisis con el de ser replicados a futuro sus condiciones en el vivero del banco de semillas.

4.2.2. Datos meteorológicos

Se consiguieron datos hidrometeorológicos de la página oficial del SENAMHI de la estación más cercana a Cacayaco - Chiguata del año 2025, registrando variables como la temperatura, humedad y precipitación, siendo fundamentales en relación con periodos de fructificación y germinación (Yaranga et al., 2021; Huayta et al., 2025).

4.2.3. Bases de datos y fuentes documentales

Se obtuvieron datos científicos y técnicos pertenecientes a fuentes confiables como la Food and Agriculture Organization (FAO), International Livestock Research Institute (ILRI) y repositorios institucionales como Scopus, Web of Science, MDPI y ResearchGate. Estas

sirvieron para respaldar la metodología en la elaboración de las fichas de especies, procedimientos, estándares y establecer los parámetros de conservación ex situ (Bremán et al., 2021; Nakum et al., 2025).

4.2.4. Materiales de verificación

Primero se validaron los mapas elaborados de la zona de estudio realizados en el QGIS mediante la obtención de datos, capas y rasters de fuentes confiables como (ASF Data Search, Earthdata Search y MAPBIOMAS PERÚ) (Chapman et al., 2019; Turner et al., 2022). Luego, se realizaron salidas de campo para el reconocimiento de la zona y la recolección de las muestras del suelo, las cuales, se sometieron a un análisis de laboratorio con el fin de evaluar su calidad edafológica. Agregado a esto, se realizó una salida de campo adicional para la identificación y toma de datos de la flora de la zona, priorizando las especies previamente seleccionadas con potencial para usarse en planes de reforestación. Esta salida estuvo guiada por un botánico especialista en este tipo de ecosistemas con el fin de validar la información morfológica para la elaboración de las fichas técnicas. Después, se elaboraron y validaron los planos elaborados en AutoCAD y SketchUp, mediante la revisión y compilación de varios modelos, planos y renderizados de diferentes planos de bancos de semillas de investigaciones pasadas contando, además, con la ayuda de un arquitecto con experiencia en el campo. Adicionalmente, realizó un plan de diseño de sostenibilidad enfocado en la gestión, funcionamiento y la prevención de riesgos utilizando matrices confiables, guías e investigaciones previas. Cabe resaltar que para la descripción morfológica y elaboración de los planos se contó con el asesoramiento de especialistas en los determinados campos para lograr un mejor resultado.

5. Campo de verificación

5.1. Ámbito

La investigación se desarrolló en el Bosque de *Polylepis*, ubicado en el anexo de Cacayaco, distrito de Chiguata, provincia y departamento de Arequipa. Debido a la gran extensión que representa el bosque de queñua de Cacayaco, se abarcó un área de aproximadamente 46,403 ha.

5.2. Unidades de estudio

Las unidades de estudio corresponden a muestras de suelo recolectadas del bosque de Cacayaco de Chiguata en base a puntos georreferenciados para un análisis edafológico; asimismo, se consideraron parámetros climatológicos como la temperatura y la humedad para una correcta preservación de las semillas en el banco. De igual manera, se consideró la identificación de especies arbóreas y arbustivas de la zona, las cuales servirán como base preliminar para la conformación de la lista de especies del banco de semillas.

5.3. Temporalidad

La investigación se ejecutó en año 2025, a finales de la temporada seca e inicios de la temporada humedad en la zona de estudio. Este rango nos permitió identificar y comparar los periodos de fructificación, así como las variables y condiciones edafológicas y climáticas que afectan la germinación.

5.4. Métodos de la investigación

5.4.1. Diagnóstico del área de interés

5.4.1.1. Caracterización técnica

Se descargó el archivo DEM “Alos Palsar” de la zona de Chiguata, la cual fue segmentada mediante “Corte”, dando como resultado el área de estudio con su altitud correspondiente. De igual manera, se descargó el archivo TIF de “MAPBIOMAS PERÚ”, así como la leyenda de “Clases de Cobertura y Uso de Suelo” para la clasificación mediante código de color hexadecimal en simbología con “Valores en paleta/únicos”. Por otra parte, se extrajeron

las curvas de nivel en un intervalo de cada 10 metros y Mapas de sombras “Hillshade” con variaciones de grados Azimut a partir del DEM obtenido, además de añadir una capa XYZ de “OpenStreetMaps” de donde se obtuvo su distribución de áreas verdes (Torres-Guevara et al., 2019; Travez Guanotuña, 2024).

Por otra parte, mediante SAGA GIS se determinó la pendiente del DEM en radianes, continuando con el preprocesamiento de la herramienta “Fill Sinks (Wang Liu)”, obteniendo el modelo de elevaciones digital sin depresiones, con el cual mediante hidrología se calculó “Flow Accumulation (Top-Down)” para la creación de un raster de acumulación de flujo, de esta manera con las capas obtenidas se determinó el Área de Captación Específica a través de “Flow Width and Specific Catchment Area”, finalizando con el Índice de Humedad Topográfico determinado con la pendiente y la capa obtenida a través de Índices topográficos “Topographic Wetness Index (TWI)” (Mattivi et al., 2019).

Finalmente, mediante las capas de Modelos Digitales de elevaciones, orientación y pendientes se implementó la herramienta “r.sun.insoltime”, donde se determinó el análisis de exposición cada 25 minutos con un tamaño de celda de 25 de la región “GRASS GIS 7”, de esta manera obteniendo las capas de Radiación Directa como la radiación recibida e Insolación dando a conocer la irradiancia a la que se encuentra la zona (Hofierka & Ri, 2002).

5.4.1.2. Caracterización preliminar climatológica

Se bajó datos climatológicos de la plataforma oficial del SENAMHI correspondiente a la estación de Chiguata del año 2025, considerando parámetros como la precipitación, humedad y temperatura (máxima y mínima). Asimismo, con esa información se realizaron gráficos con el fin de establecer y diferenciar las temporadas húmeda y seca, comprendiendo las condiciones de la zona (Yaranga et al., 2021; Huayta et al., 2025).

Por otro lado, para la obtención de datos más apegados a las condiciones de la zona, se realizaron salidas de campo a la zona de estudio para la toma de datos meteorológicos tomando

como referencia los tres puntos de muestreo de suelo previamente establecidos. Esta actividad se realizó semanalmente durante el mes de diciembre del año 2025 en el rango de horas de entre las 9:00 am y las 12:00 am, a finales de la temporada seca y a inicios de la humedad, haciendo uso de un termohigrómetro marca Boeco, el cual fue calibrado en un laboratorio acompañado de un certificado de calidad. Los parámetros que se midieron fueron la temperatura y la humedad relativa, a recomendación de Ramos-Huapaya et al., (2024), debido a que estos son los más importantes para tener en cuenta en una futura replicación del material genético mediante pruebas de germinación.

5.4.1.3. Caracterización preliminar del suelo

Se realizó un análisis edafológico considerando los parámetros definidos y utilizados por Paz, G. & Vásquez, P. (2024); asimismo, se realizó un análisis de fertilidad del suelo con el fin de determinar las características fisicoquímicas y nutrientes del sustrato natural del bosque de *Polylepis* de Cacayaco. Esto último, aunque no es necesario para el diseño del banco de semillas, se considera como un agregado para una posterior replicación de las condiciones sustrato en un futuro vivero experimental.

Se determinaron los puntos de muestreo en tres diferentes áreas del bosque de *Polylepis* considerando áreas boscosas y áridas, mediante la aplicación de muestreo aleatorio en el área de estudio usando el software QGIS (Pérez Cortés, 2020). La selección de los puntos de muestreo se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo dirigido o intencional, debido a que el objetivo de la investigación fue caracterizar las condiciones ecológicas y ambientales representativas del bosque de *Polylepis rugulosa* de Cacayaco, que sirvieran de base para el diseño de un banco de semillas. Por lo tanto, la selección de las unidades de estudio responde a criterios técnicos de representatividad y no a procedimientos de aleatorización, ya que se busca obtener información específica del ecosistema de interés. Para ello, se establecieron tres puntos de muestreo, seleccionados considerando los siguientes criterios:

- Presencia mayor de las especies arbustivas y arbóreas objetivo del estudio.
- Variación altitudinal dentro del bosque de *Polylepis* de Cacayaco.
- Diferencias en las características edáficas y de cobertura vegetal.
- Accesibilidad para el desarrollo seguro del trabajo de campo.

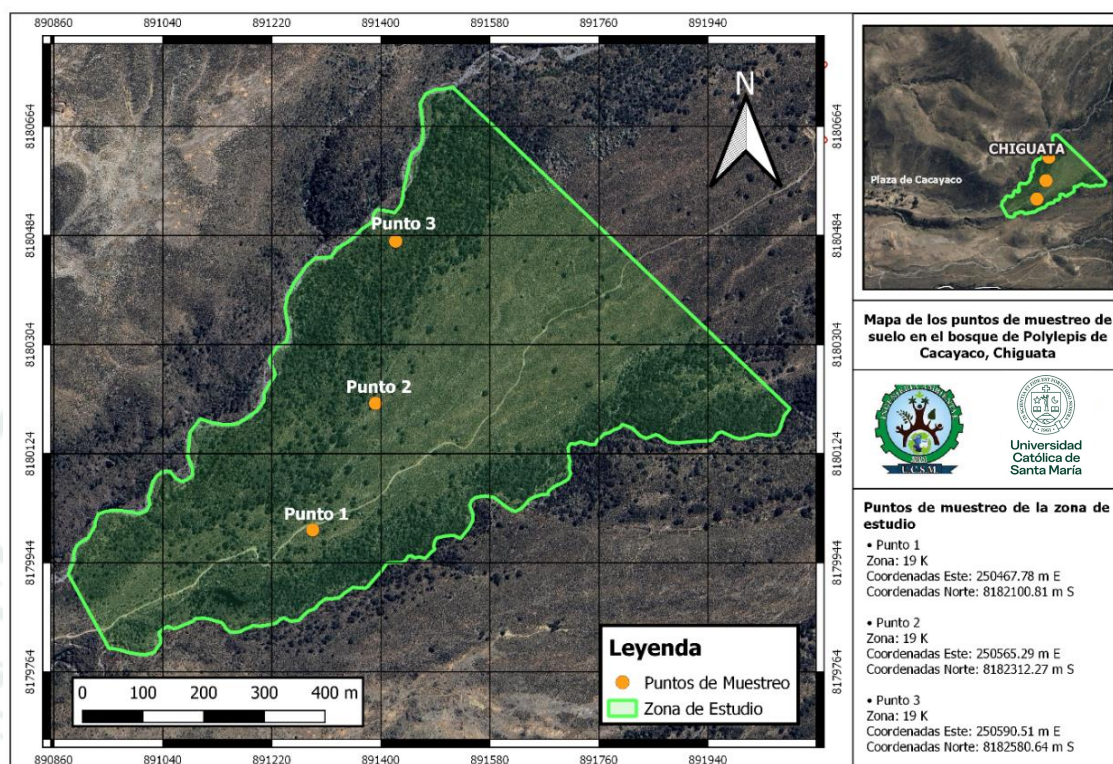
Al ser esta investigación de carácter descriptivo, aplicado y no experimental, el propósito no fue realizar inferencias estadísticas para toda la población del bosque, sino obtener información representativa que permitiera caracterizar las condiciones climatológicas, edáficas y biológicas necesarias para fundamentar técnicamente el diseño del banco de semillas. En este sentido, cada punto de muestreo representa un sector de la zona con características ambientales diferenciadas dentro del gradiente ecológico del bosque.

Este criterio es consistente con investigaciones desarrolladas en ecosistemas de *Polylepis*. Por un lado, Morales y Morales (2023) realizaron la caracterización y cartografía de los bosques de *Polylepis* en Tacna mediante recorridos de campo, análisis geoespacial y validación de especies, seleccionando áreas representativas para describir la distribución de estos ecosistemas. Asimismo, Supo (2024) evaluó la composición florística y la estructura poblacional de *Polylepis rugulosa* en Chiguata mediante parcelas establecidas en sectores representativos del bosque, priorizando la representatividad ecológica de las unidades de estudio para caracterizar la dinámica poblacional de la especie.

En consecuencia, los tres puntos de muestreo fueron considerados suficientes para representar las principales condiciones ecológicas presentes en el bosque de *Polylepis rugulosa* de Cacayaco, permitiendo obtener la información necesaria para cumplir los objetivos de caracterización ambiental y desarrollar una propuesta técnicamente sustentada para el diseño integral del banco de semillas.

Figura 10

Mapa de Puntos de muestreo



Durante la recolección de muestras se realizó un hoyo en suelo de 10 – 30 cm de profundidad y para las muestras se realizarán dos particiones en cuartos, de manera que se reduzca la cantidad de la muestra hasta obtener la cantidad necesaria (MINAM, 2014). Se extrajeron 0.5 Kg de muestra.

Posterior a la recolección de muestras, estas se llevaron a analizar a dos laboratorios especializados en análisis de suelo con el fin de obtener resultados más precisos y abarcar la mayoría de los parámetros posibles.

Parámetros para analizar:

- pH (Potencial de Hidrogeno)
- Textura
- Densidad

- Porosidad
- Humedad
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Materia Orgánica (%)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)
- Nitrógeno Total (N)
- Fosforo Disponible (P)
- Potasio (K)

5.4.2. Caracterización de la flora de la zona

Se realizó una recopilación bibliográfica de las especies altoandinas correspondientes a la zona de estudio con el fin de tener una base inicial. Se priorizaron artículos e investigaciones científicas como la de Aguilar, (2022) y opiniones de expertos como la del Blgo. Miguel Angel Hinojosa Talavera, biólogo experto en botánica perteneciente al Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre (SERFOR).

Seguidamente, se aplicó un filtro basándose en la investigación de Vilchez et al., (2019), quienes emplean un sistema de puntos y criterios de selección rigurosos con el fin de elegir las especies con mayor prioridad o potencial para conservar en el banco de semillas. Dentro de estos, la mayoría de los criterios fueron establecidos por Gold et al. (2004) y usados posteriormente en la investigación de Rodríguez Fierro, (2012). No obstante, se consideraron tres listas de clasificación importantes en el ámbito internacional, como la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Asimismo, en base al ámbito nacional, se usó el Decreto Supremo N.º 043-2006-AG, en el que aprueban la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre y la lista establecida

por CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Seguidamente, se realizó una salida de campo contando con el acompañamiento del Blgo. Miguel Angel Hinojosa Talavera con el fin de realizar un registro e identificación de las especies de flora arbustiva y arbórea mediante observación directa, fotografías y fichas de identificación a recomendación de Sandoval Montenegro, (2016). Además, se incluyeron otros datos como sus periodos de floración y fructificación, tipo de semilla, flor y hábitat.

Agregado a esto, se realizó una lista tentativa de especies priorizadas para ser incluidas en el banco de semillas, estableciendo sus épocas de floración y fructificación de las semillas a través de un cronograma de recolección.

5.4.3. Establecimiento de métodos y protocolos de gestión de semillas

Con base en protocolos y métodos internacionales que abarquen el manejo adecuado de semillas y su conservación ex situ en bancos de semillas, se establecieron métodos para la recolección, almacenamiento y propagación adaptados a la flora de la zona, junto con diagramas de flujo metodológicos detallados que integraron las fases de planificación y ejecución (Di Sacco et al., 2020; Royal Botanic Gardens, Kew, 2020; Schmidt, 2007; Rao et al., 2007).

5.4.4. Diseño del banco de semillas

Para el desarrollo de los planos, distribución y elección de las áreas, se usó como base los planos presentados por Rodríguez Fierro, (2012) en su propuesta de una estructura organizativa del banco de semillas de la Universidad Técnica Particular de Loja utilizando el software AutoCAD. Asimismo, se realizaron modelos en Sketch UP, basándose en los modelos presentados por Moore Sierra, (2021),. Además, se tuvo el asesoramiento del arquitecto Luis Enrique Valderrama Luque con el fin de conseguir un aspecto tanto técnico como realista del banco de semillas para una futura implementación, siendo firmado en el Anexo 4.

5.4.5. Elaboración de plan de sostenibilidad

En base a bibliografía, se identificaron los Lineamientos y Protocolos, viendo los aspectos técnicos para la conservación ex situ, sistemas de gestión y el control de calidad de semillas, garantizando la viabilidad genética y fisiológica mediante la elaboración de un Plan de diseño de sostenibilidad (Arguello Pazmiño, 2016). Se abarcarán los siguientes aspectos:

- **Gestión**

La gestión permitió la administración eficiente y sostenible a través de los manuales y el control de inventarios (Arguello Pazmiño, 2016). De esta manera, la conservación de especies ex situ tendrá monitoreo de las condiciones estructurales y ambientales, análisis de suelo y la caracterización detallada (Garabito Machaca, 2024).

- **Funcionamiento**

Se realizó un flujograma de funcionamiento del banco de semillas donde se tenga en cuenta los procesos y la distribución de semillas (Moore Sierra, 2021b; Vanegas Miranda & Murillo, 2021). De esta manera, teniendo sistemas y subsistemas de producción descritos para un funcionamiento viable (Calvo Reyes & Rojas Meza, 2023).

- **Matriz de Riesgos y Medidas de Mitigación**

Se elaboró una matriz para identificar los principales riesgos y proponer medidas de mitigación, reconociendo el riesgo de pérdida de la diversidad genética, deterioro de semillas, fallas en equipos o liderazgo débil, de manera que las medidas de mitigación a proponer tengan como objetivo el fortalecimiento de la organización, monitoreo y la capacitación (Arguello Pazmiño, 2016; Calvo Reyes & Rojas Meza, 2023).

- **Análisis FODA y Construcción a Futuro**

Se realizó un análisis FODA para evaluar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas presentes en los bancos de semillas. (Calvo Reyes & Rojas Meza, 2023). Se proyectaron futuros escenarios de sostenibilidad con los factores ambientales, sociales, económicos e institucionales, formando un plan de gestión integral para la conservación con servicios de capacitación, certificación de semillas, la modernización de infraestructura e incluso la consolidación de manuales (Garabito Machaca, 2024; Vanegas Miranda & Murillo, 2021).

6. Finalidad de cada dato levantado para la investigación

Los datos recopilados durante el trabajo de campo tuvieron como finalidad caracterizar integralmente las condiciones ecológicas y ambientales del bosque de *Polylepis rugulosa* de Cacayaco, proporcionando la información técnica necesaria para fundamentar el diseño del banco de semillas. Cada variable fue seleccionada en función de su aporte al cumplimiento de los objetivos específicos de la investigación y para la definición de los protocolos y criterios de manejo de semillas y posterior diseño del banco de semillas.

Tabla 1

Finalidad de los datos levantados en campo

Dato obtenido	Finalidad dentro de la investigación	Objetivo específico	Referencia
Temperatura	Caracterizar las condiciones climáticas del bosque y establecer las condiciones ambientales de origen de las especies, información necesaria para definir criterios de conservación, almacenamiento y germinación del material genético.	Objetivo 1	Walters et al. (2020); Di Sacco et al. (2020).
Humedad relativa	Determinar las condiciones ambientales que influyen en la maduración y conservación de las semillas, sirviendo	Objetivo 1	Walters et al. (2020).

	como referencia para las condiciones de almacenamiento propuestas.		
Características edáficas	Caracterizar las condiciones del suelo de la zona de estudio, aportando información para comprender las condiciones de crecimiento y orientar futuras acciones de germinación y propagación	Objetivo 1	Araca et al. (2021); Paz, G. & Vásquez, P. (2024)
Altitud	Identificar el rango altitudinal de distribución de las especies y caracterizar el ecosistema donde se desarrollan naturalmente, información útil para futuras actividades de restauración y propagación.	Objetivo 1	Morales y Morales (2023); Porcuna, F. (2020).
Coordenadas geográficas	Georreferenciar los puntos de muestreo y facilitar la ubicación espacial de las especies priorizadas para futuras campañas de recolección de semillas.	Objetivo 1	Morales y Morales (2023).
Flora arbustiva y arbórea	Identificar las especies arbustivas y arbóreas presentes en el bosque para definir las especies prioritarias que conformarán la lista de especies para el banco de semillas	Objetivo 2	Supo, C. (2024); Aguilar, (2022)
Características morfológicas	Facilitar la correcta identificación de la semilla/fruto durante la recolección y manejo del material genético.	Objetivo 2	Supo, C. (2024); Travez Guanotuña, (2024).
Índices espectrales (NDVI u otros)	Evaluar el estado de conservación y la cobertura vegetal del bosque, identificando áreas prioritarias para la conservación y la planificación de futuras campañas de colecta.	Objetivo 1	Morales y Morales (2023).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

1. Caracterización de la zona de estudio

Se realizó la determinación de las condiciones ecológicas, climatológicas y edáficas mediante las salidas de campo, observaciones, toma de datos y la elaboración de mapas en QGIS, permitiendo ver como las especies crecen en el ambiente del bosque de *Polylepis* de Cacayaco.

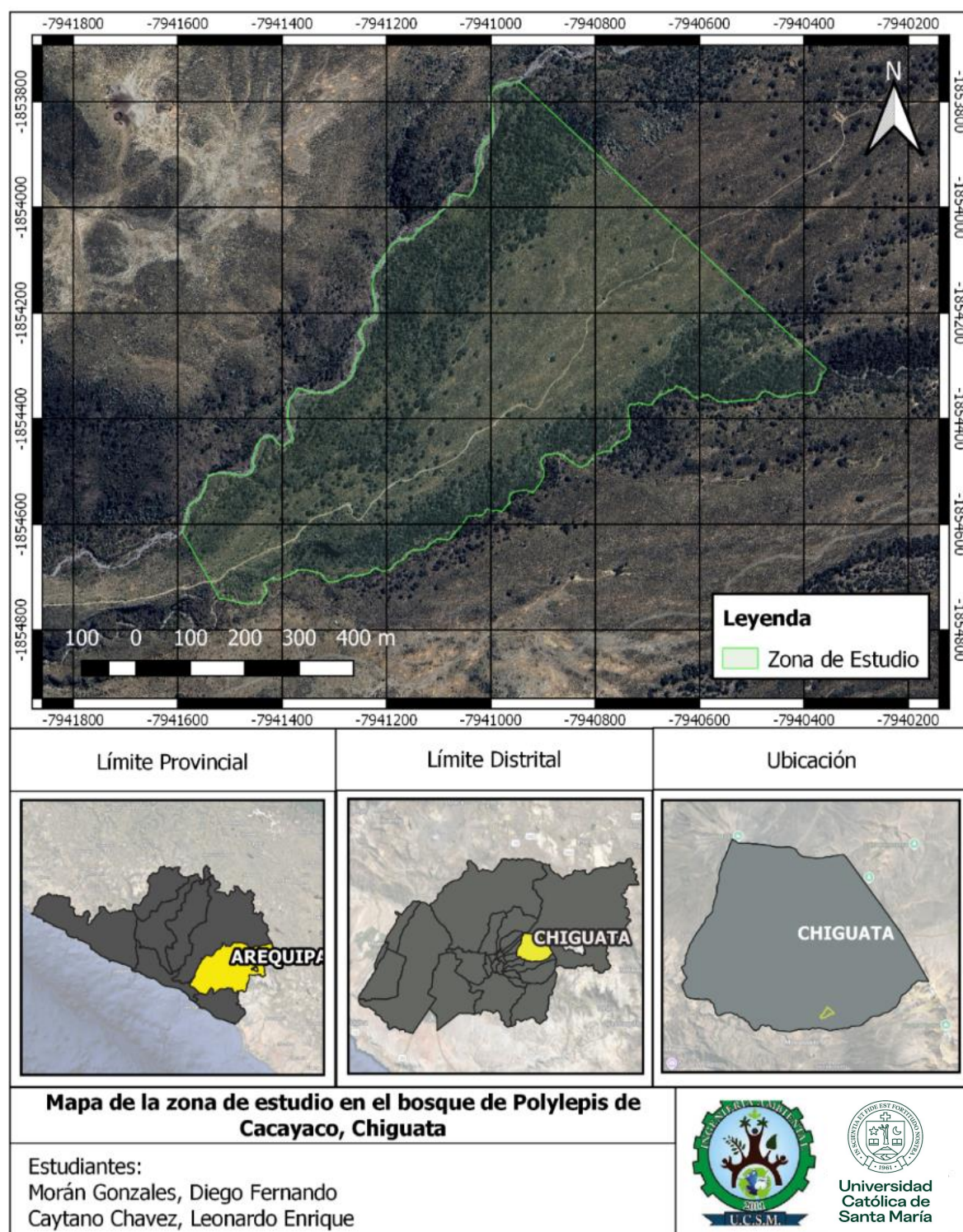
1.1. Mapas de la zona de estudio

1.1.1. Ubicación y delimitación del área

El mapa presentado muestra la ubicación geográfica y delimitación del Bosque de *Polylepis* ubicado en el sector de Cacayaco, abarcando un área de 46,403 ha, considerando áreas de gran, media y poca cobertura vegetal.

Figura 11

Mapa zona de estudio

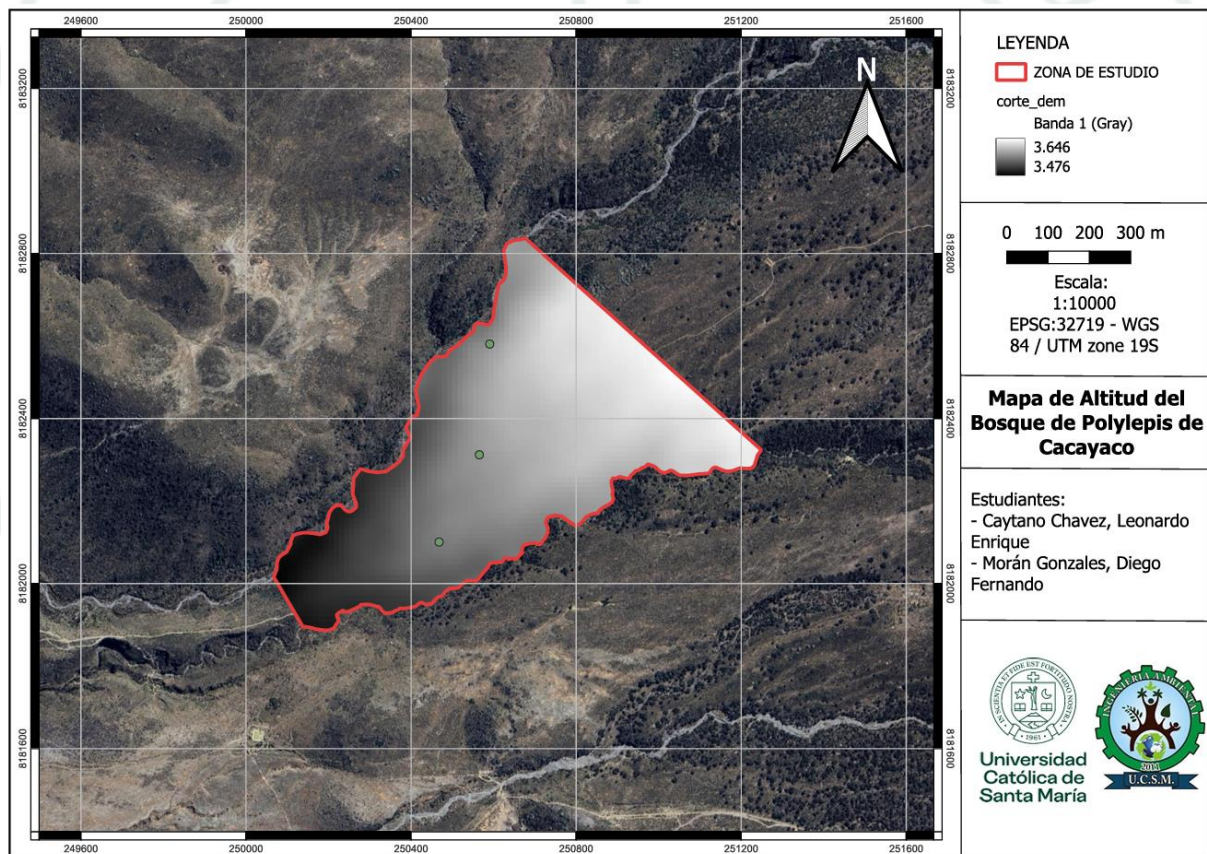


1.1.2. Altitud

El mapa (Figura 12) muestra la altitud respectiva del bosque de *Polylepis* en Cacayaco, delimitando la zona mediante un polígono rojo. La altitud se ve representada en una escala de grises, donde el negro indica menor altura y el blanco mayor, con una altura de 3,476 m.s.n.m. a 3,646 m.s.n.m. respectivamente, presentando un rango estrecho, pero significativo para el bosque.

Figura 12

Mapa de altitud de la zona de estudio

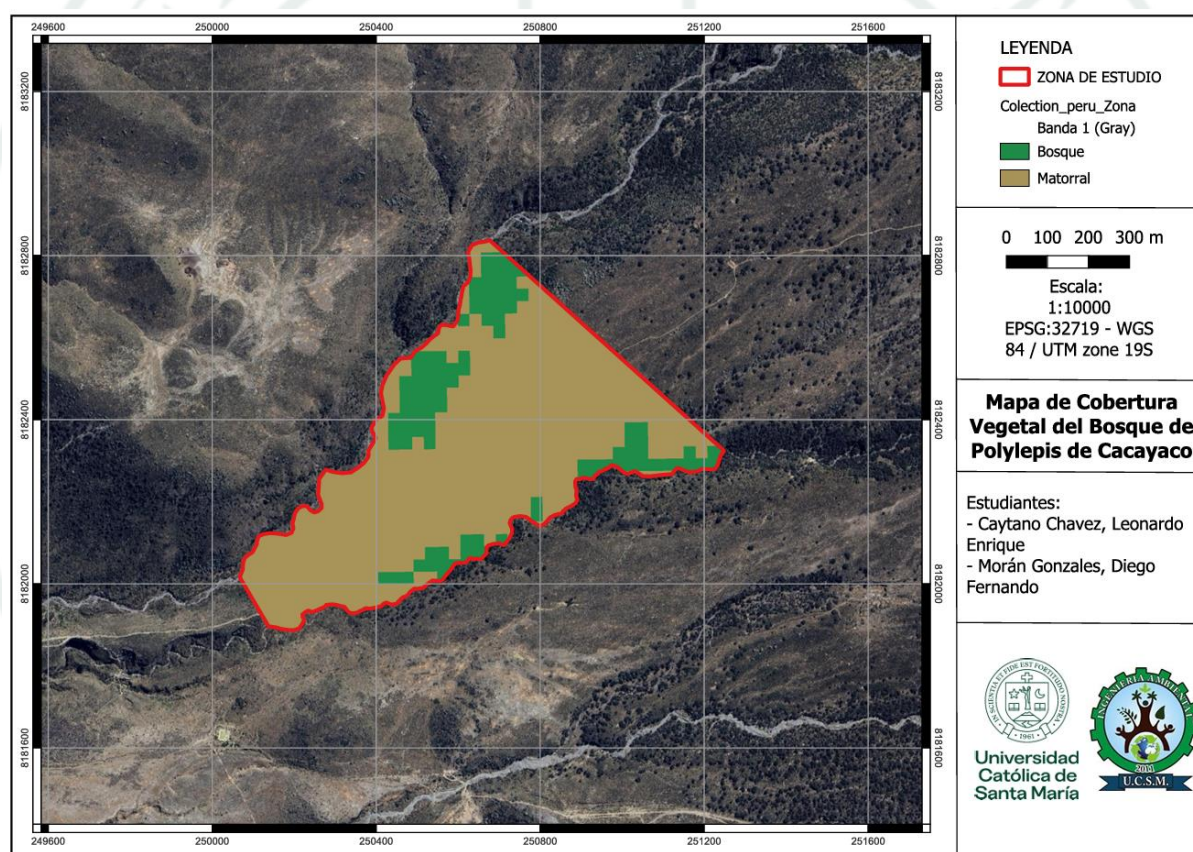


1.1.3. Cobertura Vegetal

El mapa de cobertura vegetal (Figura 13) se ve representado dentro de la zona con los códigos de valores de píxel de cobertura vegetal y uso de suelo del Perú, observándose el color café claro representando las zonas de matorral, las cuales contemplan un área de la zona, y en menor medida verde enfocado a bosque, los cuales se encuentran dispersos.

Figura 13

Mapa de la cobertura vegetal de la zona de estudio



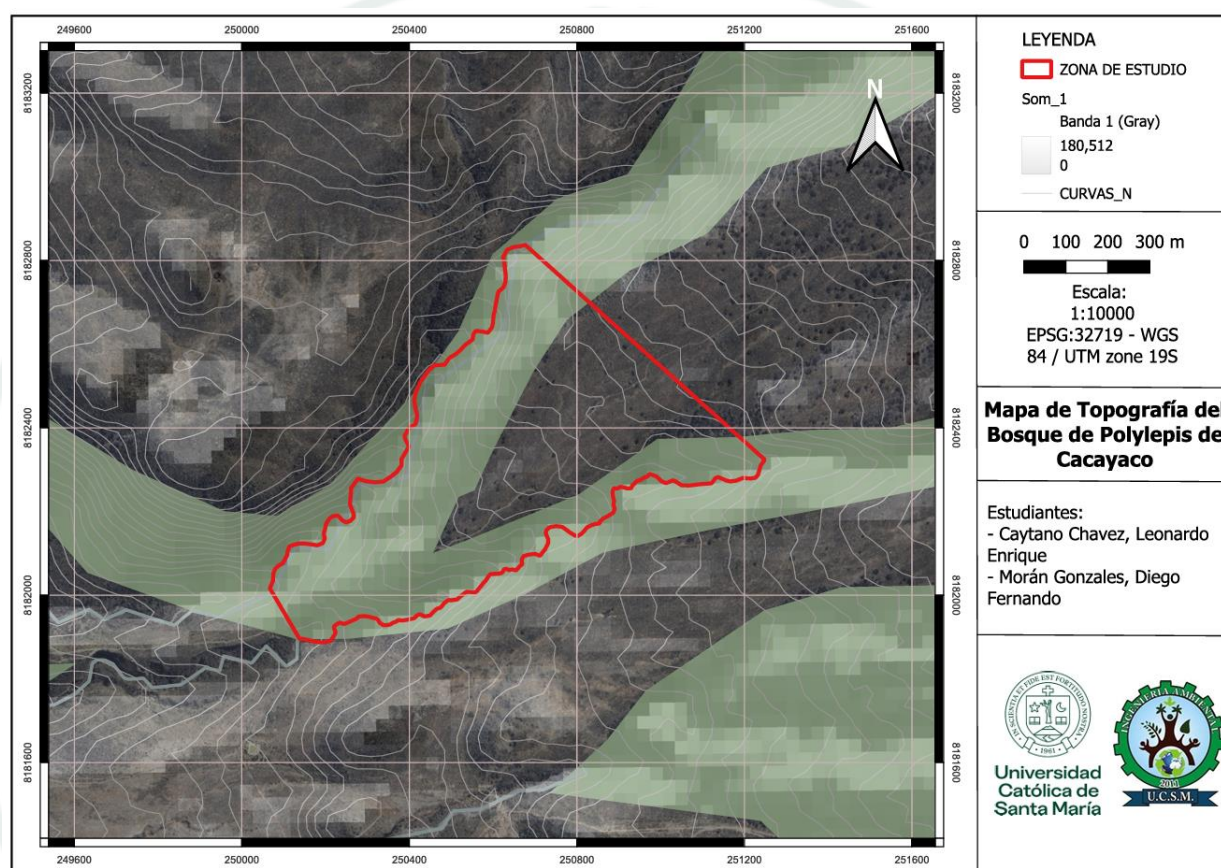
1.1.4. Topografía

El mapa topográfico (Figura 14) se ve apoyado por curvas de nivel a cada 10 metros y con el mapa de sombras, facilitando la visualización del relieve y las variaciones altitudinales de la zona de estudio a cortas distancias. El área es irregular y alargada a causa de las pendientes

y depresiones, de igual manera, se evidencian relieves en forma de quebradas, lo que termina condicionando la distribución de la vegetación y el drenaje superficial.

Figura 14

Mapa de topografía de la zona de estudio

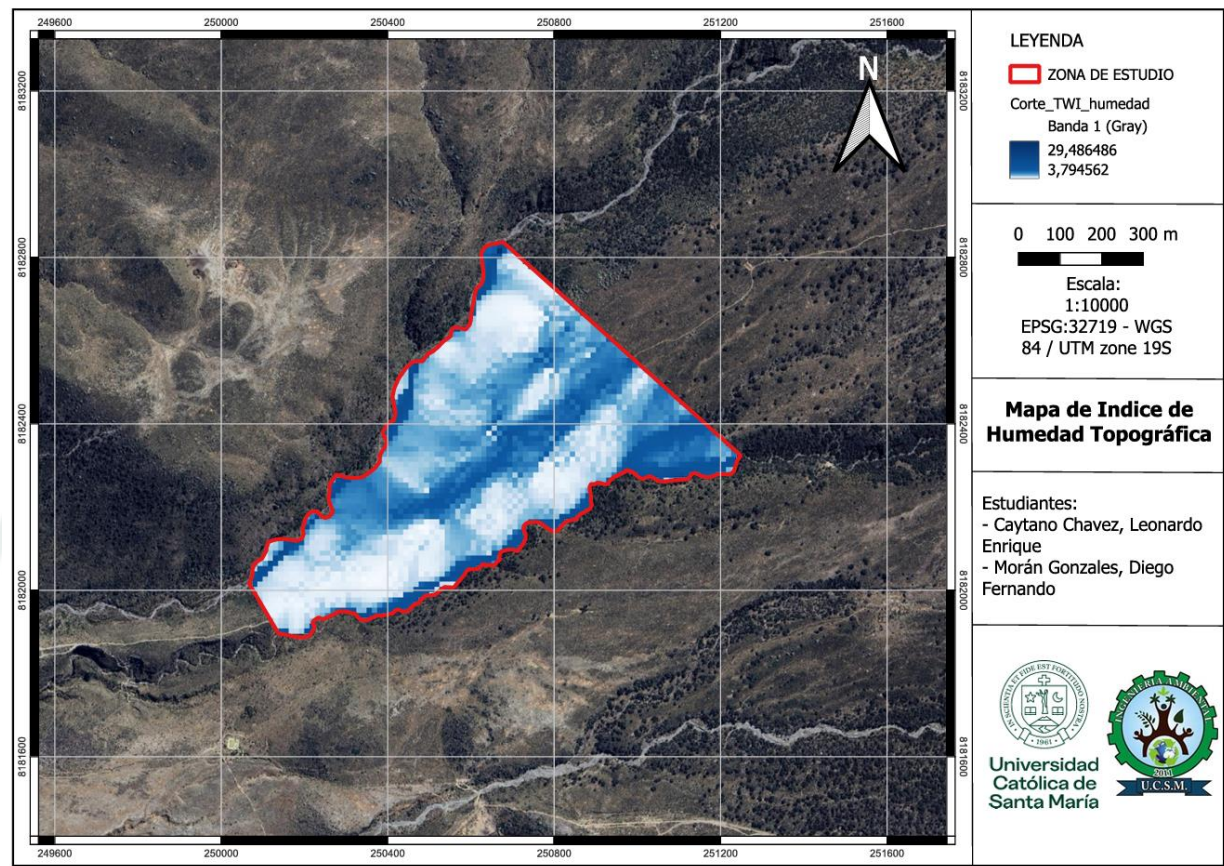


1.1.5. Humedad topográfica

El mapa de Índice de Humedad Topográfico (Figura 15) se ve representado en tonalidades azules, siendo los valores más bajos con colores claros entre 3.79 y los más altos con azules oscuros con 29.49, dando a conocer la disposición del suelo en acumular agua en mayor o menor medida, de esta manera, las zonas con menor valor presentan pendientes o un tipo de suelo con baja acumulación hídrica, por otra parte, las zonas con un mayor índice se dan en los sectores centrales y en los límites exteriores, donde se facilita el acumulamiento al contar con mínimas pendientes y depresiones.

Figura 15

Mapa de humedad topográfica de la zona de estudio

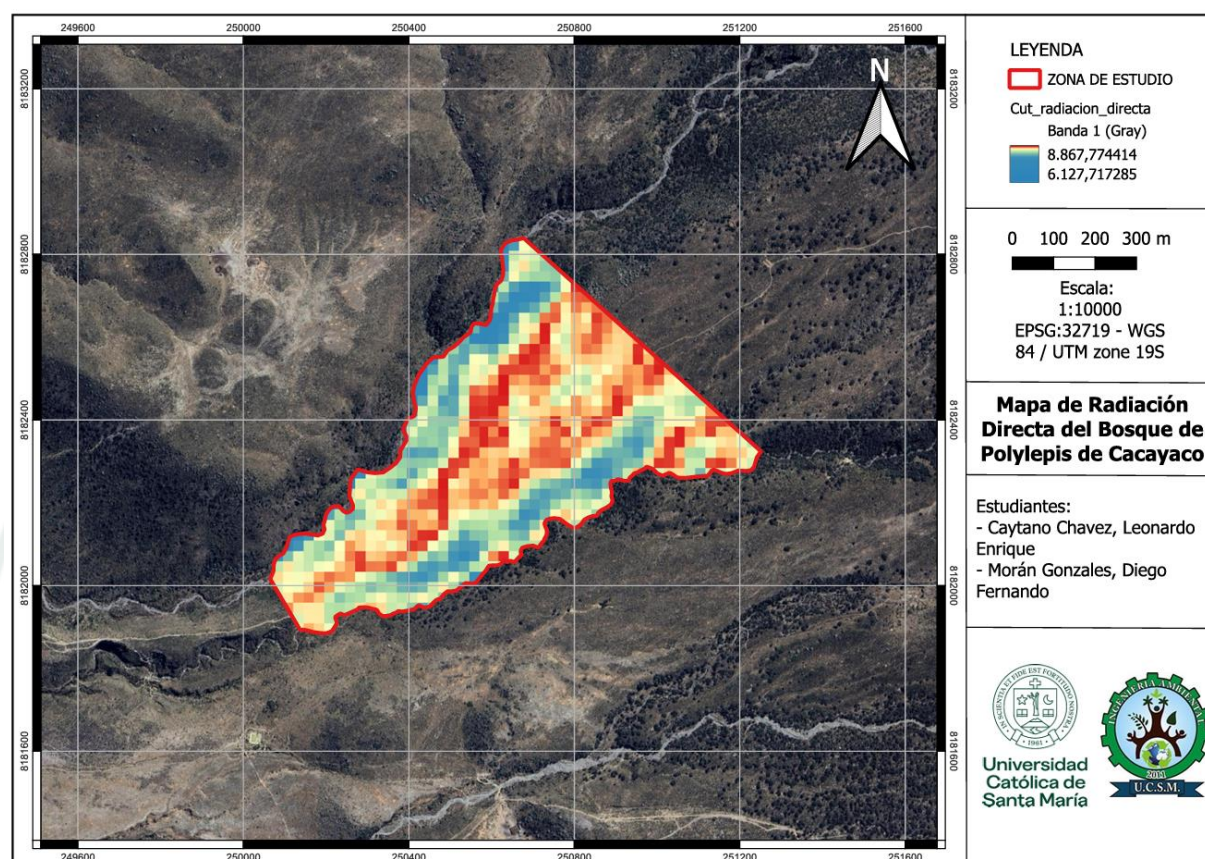


1.1.6. Radiación directa

El mapa de Radiación Directa (Figura 16), presenta la energía que incide en la superficie a través de una rampa cromática de colores, donde los tonos azulados indican valores bajos, mientras que los amarillos y rojizos presentan mayores niveles. Las zonas que presentan de 6,100 – 8000 Wh/m² se ven en áreas con baja y media exposición solar al contar con mayor presencia de cobertura vegetal o laderas empinadas, por otra parte, las zonas mayores de 8,000 – 8,867 Wh/m² se ven representadas en laderas con un menor sombreado y superficies altamente expuestas. Pese a esto, las zonas seguirían presentando valores elevados, viéndose en la zona selvática de 4,500 – 5000 Wh/m² y dando a entender la adaptación de la cobertura vegetal de la zona (SENAMHI & MINEM, 2003).

Figura 16

Mapa de radiación directa de la zona de estudio

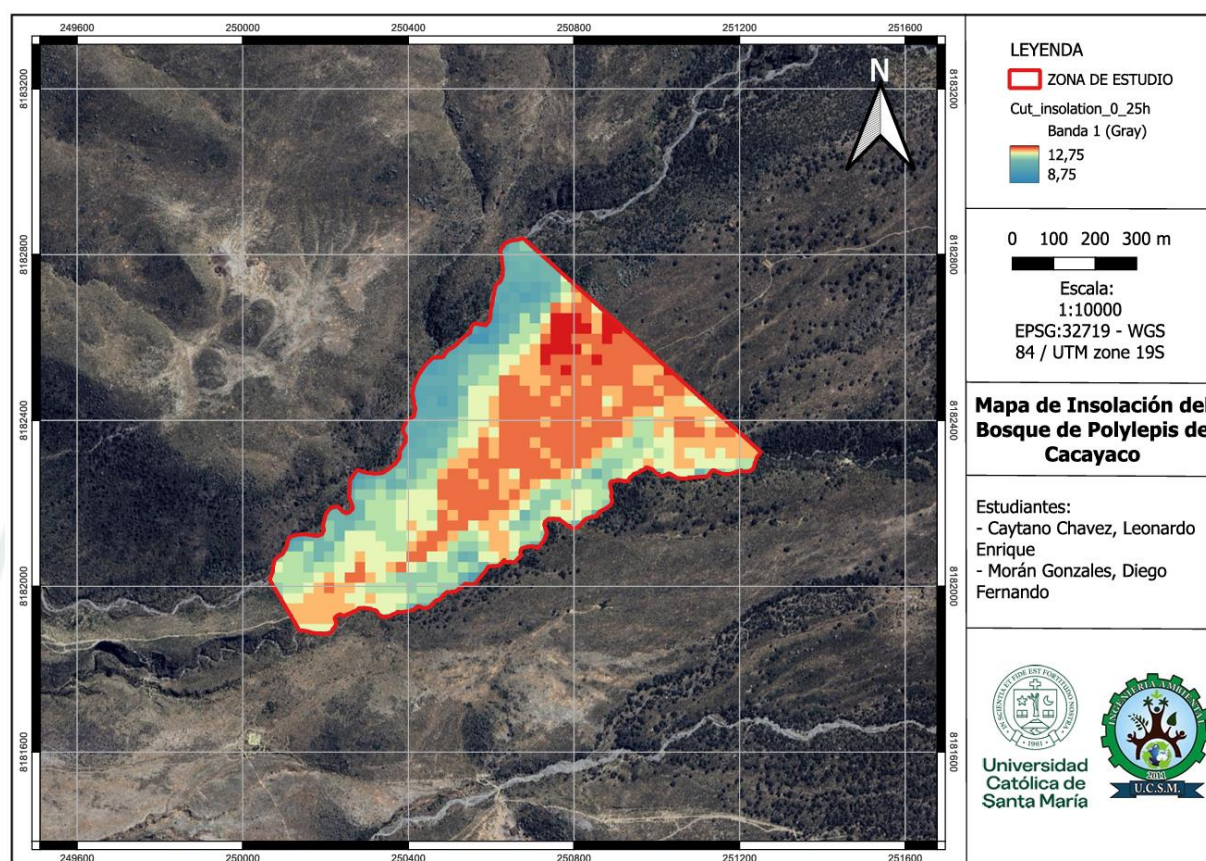


1.1.7. Insolación

El mapa de Insolación (Figura 17) es dado en un periodo de cada 25 minutos, presentando valores representativos al tiempo de exposición de la zona a la radiación solar, siendo los valores de menor a mayor duración de 8.75 – 11.25 tonos azules, 11.75 – 11.99 tonos verdes, 12.25 amarillo, 12.25 – 12.49 tonos naranjas y 12.75 rojo en horas respectivamente, de esta manera, las zonas centrales y más elevadas presentan un mayor tiempo de exposición, generando un menor porcentaje de sobrevivencia de la cobertura vegetal, mientras que en los márgenes de la zona al tener una exposición menor, presenta un mayor porcentaje de sobrevivencia (Illanes Barrantes, 2024).

Figura 17

Mapa de Insolación de la zona de estudio



1.1.8. Datos de altitud e índices espectrales

En los tres puntos de muestreo mostrados en la Tabla 2 se identificó una diferencia altitudinal reducida de hasta 20 metros, teniendo los tres puntos una cobertura vegetal clasificada por matorrales, sin embargo, el punto 2 presentó la mayor disposición al acumulamiento de humedad con (6,08), seguido del punto 3 con (5,70) y 1 con (4,52) al tener una menor disposición. La exposición solar se dio en mayor medida en el punto 1 con una radiación directa de (8 749,15 Wh/m²) y la mayor insolación de (12,50 h), seguido del punto 2 y 3 respectivamente, evidenciando la menor exposición a la radiación solar en el punto 3.

Tabla 2*Caracterización altitudinal e índices espectrales de los puntos de muestreo*

Zona	Altitud (m.s.n.m.)	Cobertura Vegetal	Índice de Humedad Topográfico	Radiación Directa (Wh/m ²)	Insolación (h)
Punto 1	3 559	Matorral	4,52	8 618,18	12.50
Punto 2	3 579	Matorral	6,08	8 794,15	12.25
Punto 3	3 577	Matorral	5,70	8 265,45	11.00

1.2. Datos meteorológicos del SENAMHI**1.2.1. Temperatura máxima y mínima**

En la Tabla 3 muestra la temperatura máxima y mínima durante el año 2025, registrando un promedio de temperatura máxima de unos 20.48 °C, una temperatura mínima de 6.03 °C y una precipitación de 1.06 mm/día. Asimismo, se observa que el mes con la temperatura más alta fue noviembre con una temperatura máxima de 22 °C. Por otro lado, el mes con la temperatura más baja fue agosto con una temperatura mínima de 4.9 °C.

Tabla 3*Datos hidrometeorológicos de SENAMHI*

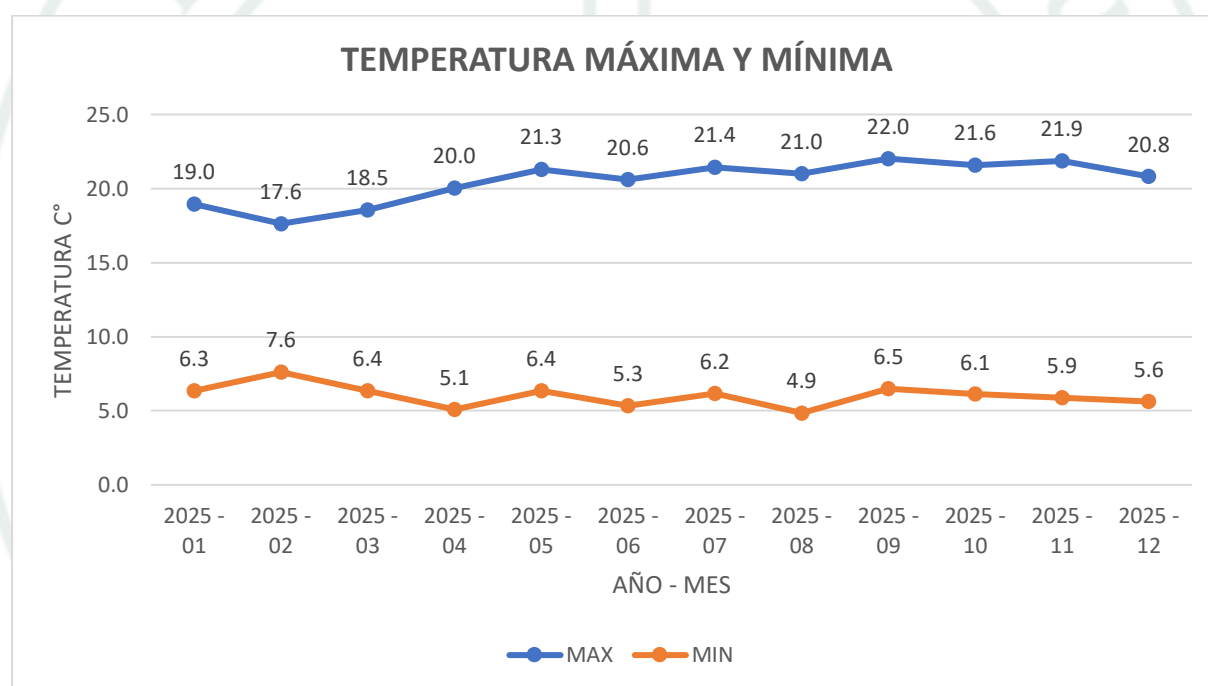
AÑO - MES	TEMPERATURA C°		HUMEDAD RELATIVA	PRECIPITACIÓN (mm/día)	PRECIPITACIÓN TOTAL
	MAX	MIN			
2025 - 01	19.0	6.3	77.5	1.4	41.5
2025 - 02	17.6	7.6	89.9	8.3	225.0
2025 - 03	18.5	6.4	82.5	2.7	75.6
2025 - 04	20.0	5.1	75.6	0.2	4.8
2025 - 05	21.3	6.4	66.1	0.0	0.0
2025 - 06	20.6	5.3	62.7	0.0	0.0
2025 - 07	21.4	6.2	56.1	0.0	0.0
2025 - 08	21.0	4.9	55.8	0.0	0.0
2025 - 09	22.0	6.5	56.8	0.0	0.0
2025 - 10	21.6	6.1	61.3	0.0	0.0
2025 - 11	21.9	5.9	59.3	0.0	0.0
2025 - 12	20.8	5.6	65.1	0.1	1.5

Nota. Extraído de SENAMHI

La Figura 18 muestra la evolución de la temperatura mínima y máxima mensual de 2025, las variaciones de la temperatura máxima son estables, sin embargo, varían en los meses de enero, febrero, marzo y abril, con la mayor de 1.4 C° y temperatura de 22 C° en setiembre, por otra parte, la temperatura mínima se ve una mayor variación con el punto más bajo en 4.9 C° en agosto, presentando un comportamiento térmico estable con variaciones graduales acorde a la dinámica estacional.

Figura 18

Temperatura máxima y mínima promedio

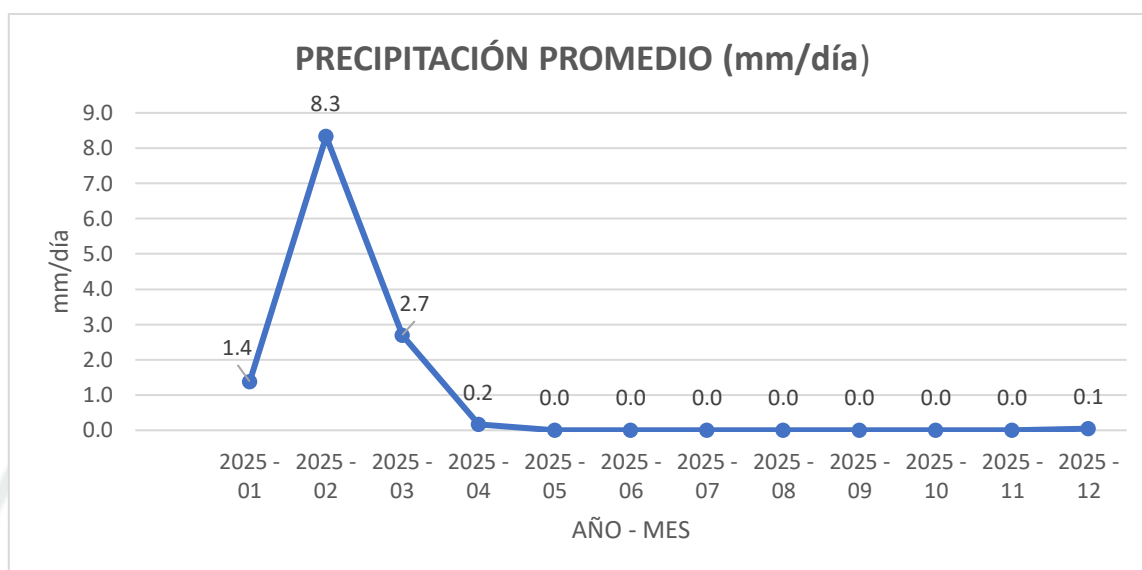


1.2.2. Precipitación

La Figura 19 presenta la distribución mensual de la precipitación promedio diaria en 2025, viéndose remarcados los primeros meses por la estacionalidad, con un máximo (8.3 mm/día) en febrero, seguido de marzo (2.7 mm/día) y enero (1.4 mm/día), siendo un periodo concentrado de lluvias, bajando a valores mínimos y nulos a partir del mes de abril por la temporada seca e iniciando ligeramente en diciembre (0.1 mm/día).

Figura 19

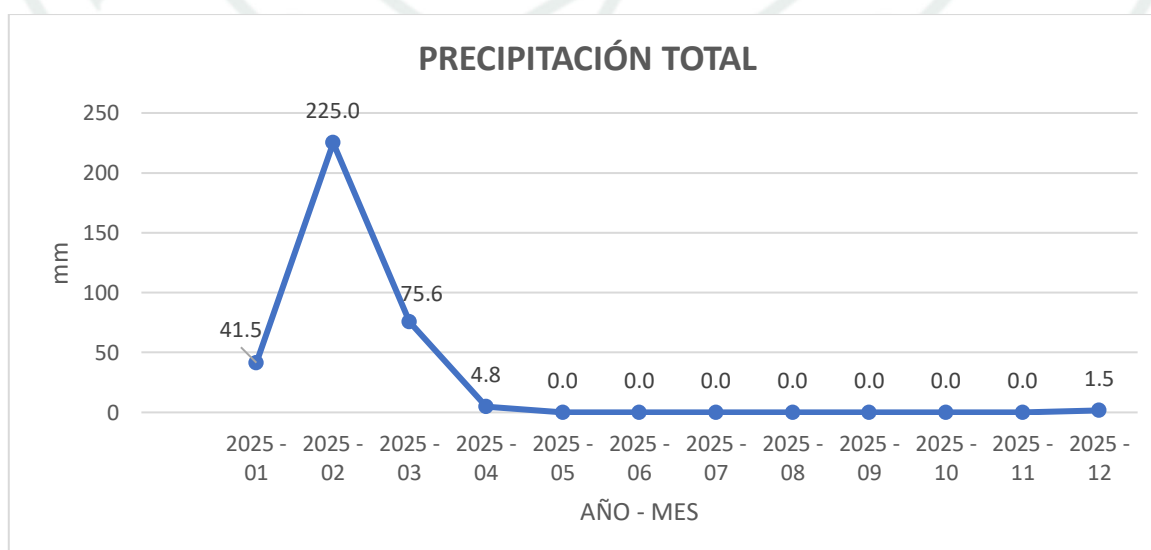
Precipitación promedio diaria



Por otro lado, la Figura 20 presenta la precipitación total mensual de 2025, acumulando el primer trimestre una gran concentración con un máximo de 225.0 mm en febrero, seguido de marzo y enero respectivamente con 75.6 mm y 41.5 mm, de esta manera, disminuyendo en abril drásticamente hasta diciembre, donde aumenta de manera ligera.

Figura 20

Precipitación promedio total

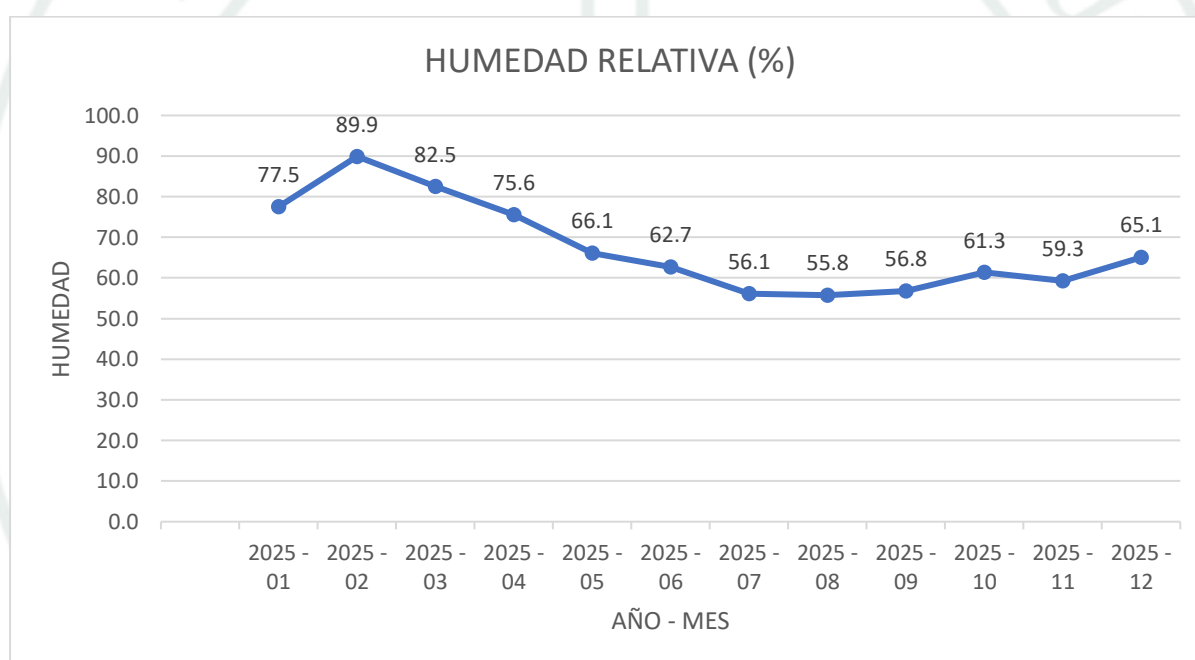


1.2.3. Humedad Relativa

En la Figura 21 se ve la variación de la humedad relativa (%) promedio mensual en 2025, presenta en febrero el valor máximo con 89.9%, seguido de marzo con 82.5% y enero con 77.5%, esta disminuye desde abril hasta agosto con 55.8%, continuando con un ligero incremento de septiembre a diciembre con 65.1%. Se evidencia la estacionalidad con un periodo húmedo concentrado en el primer trimestre y uno más seco en los meses centrales.

Figura 21

Porcentaje de Humedad Relativa



1.3. Análisis preliminar de condiciones climatológicas

En base a los datos previamente tomados por el termohigrómetro durante las salidas de campo se obtuvo en la Tabla 4 que la primera semana se registró una temperatura promedio de 22 °C junto con un porcentaje de humedad relativa del 20%. La segunda semana se registró una temperatura promedio de 21.53 °C junto con un porcentaje de humedad relativa del 25 %. Finalmente, la tercera semana se registró una temperatura promedio de 22 °C junto con un porcentaje de humedad relativa del 20%. Por lo que la temperatura general registrada durante

el mes de diciembre fue de 22 °C junto con una humedad relativa de 21.58%. Asimismo, el rango de temperatura está entre el 21°C y 22°C, mientras que el rango de porcentaje de humedad relativa está entre los 20% y 28%.

Tabla 4

Datos de temperatura y humedad relativa

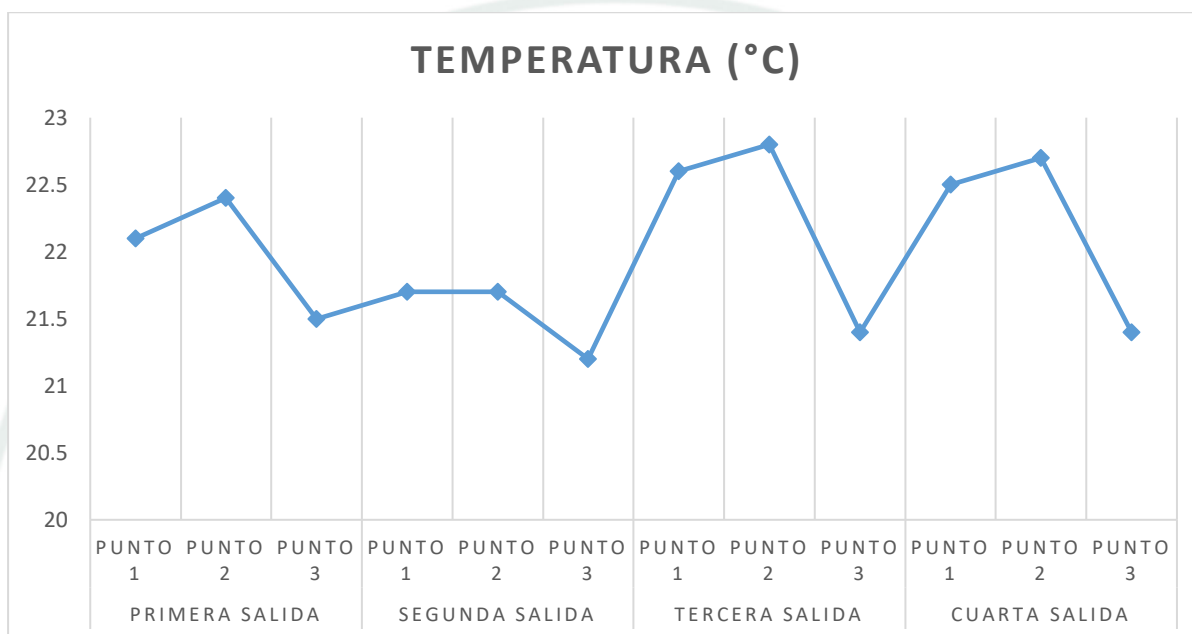
Fecha	Punto de muestreo	Temperatura	Humedad relativa
Primera salida	Punto 1	22.1 °C	20%
	Punto 2	22.4 °C	20%
	Punto 3	21.5 °C	21%
Segunda salida	Punto 1	21.7 °C	27%
	Punto 2	21.7 °C	28%
	Punto 3	21.2 °C	21%
Tercera salida	Punto 1	22.6 °C	20%
	Punto 2	22.8 °C	20%
	Punto 3	21.4 °C	21%
Cuarta salida	Punto 1	22.5 °C	20%
	Punto 2	22.7 °C	20%
	Punto 3	21.4 °C	21%

1.3.1. Comparación de resultados de análisis preliminar de condiciones climatológicas

1.3.1.1. Análisis de temperatura

Figura 22

Variación de la temperatura

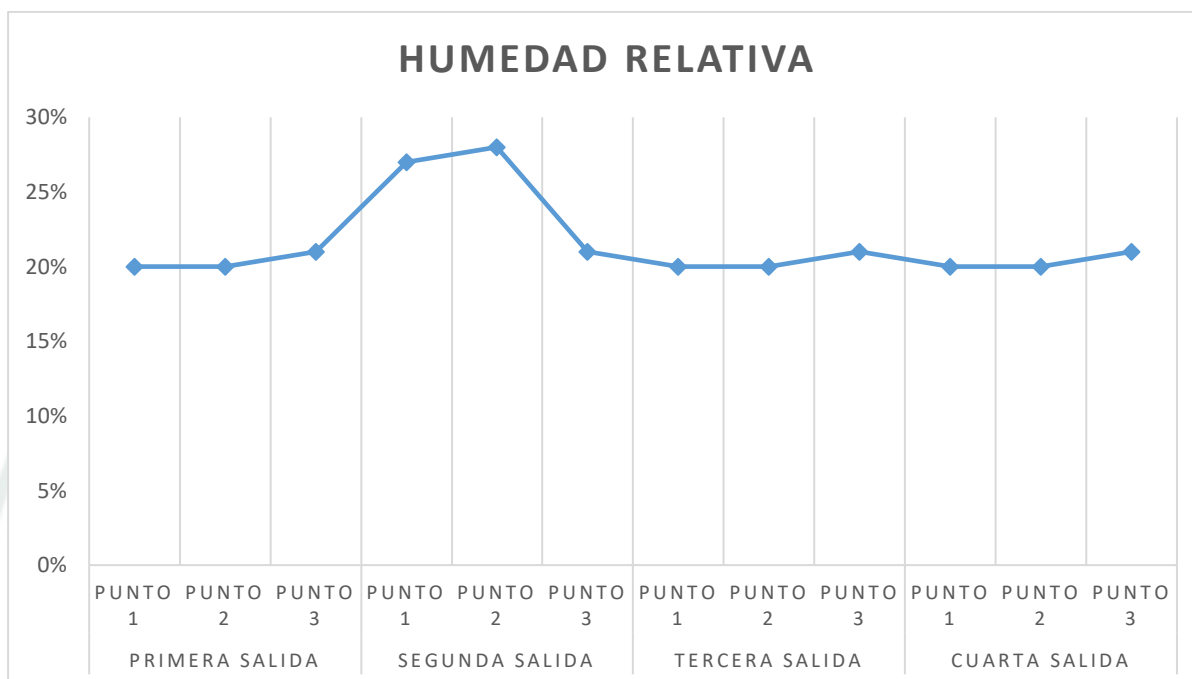


Nota. Variación de la temperatura (°C) registrada en los puntos de monitoreo evaluados durante las cuatro campañas de campo. Los valores oscilaron entre 21.2 °C y 22.8 °C, evidenciando una baja variabilidad térmica entre los puntos de muestreo y una ligera tendencia a presentar mayores temperaturas durante la tercera y cuarta salida de campo.

1.3.1.2. Análisis de humedad relativa

Figura 23

Variación de la humedad relativa



Nota. Variación de la humedad relativa (%) registrada en los puntos de monitoreo evaluados durante las cuatro campañas de campo. Los valores oscilaron entre 20 % y 28 %, evidenciando una mayor humedad relativa durante la segunda salida y una tendencia relativamente estable en las demás campañas de monitoreo.

1.4. Análisis fisicoquímico del suelo

Se realizó también la toma de muestras de suelo y análisis de laboratorio con el fin de determinar las condiciones fisicoquímicas específicas del suelo para una posterior replicación en un vivero o cuarto de germinación. Las muestras de suelo se tomaron en base a los puntos de muestreo previamente establecidos a continuación en la tabla 5.

Tabla 5*Coordenadas de puntos de muestreo*

Punto	Coordenadas
Punto 1	Este: 250467.78 m E
	Norte: 8182100.81 m S
Punto 2	Este: 250565.29 m E
	Norte: 8182312.27 m S
Punto 3	Este: 250590.51 m E
	Norte: 8182580.64 m S

1.4.1. Análisis de suelo: Punto 1

En la Tabla 6 se muestran los parámetros físicos y químicos obtenidos del análisis de laboratorio Analytical Laboratory para la muestra de suelo del primer punto de recolección.

En primer lugar, el sustrato presenta una textura de arena franca. La muestra presenta una densidad real de 1.06 g/mL y una densidad aparente de 2.09 g/cm³. Asimismo, el porcentaje de porosidad fue de 4.61% y el contenido de humedad alcanzó un valor de 49.45%.

Por otro lado, la muestra presenta un pH de 5.50, indicando un potencial de hidrógeno moderadamente ácido. Por su parte, la conductividad eléctrica (CE) presentó un valor de 0.33 dS/m, clasificando al suelo como no salino. Además, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) resultó en un valor de 11.82 meq/100g.

Finalmente, respecto a la fertilidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, el análisis mostró un valor de 2.878% de materia orgánica. Se presenta un valor de 1 502.00 mg/Kg correspondiente al nitrógeno total. Adicionalmente, los valores de fósforo y potasio disponible son 21.21 mg/Kg y 0.54 meq/100 g, respectivamente.

Tabla 6*Resultados de análisis de suelo del punto 1*

Parámetro	Unidad	Resultado
pH (Potencial de Hidrógeno)	Unidad de pH	5.50
Textura	-	Arena franca
Densidad Real	g/mL	1.06
Densidad Aparente	g/cm ³	2.09
Porosidad	%	4.6112
Humedad	%	49.45
Conductividad Eléctrica (CE)	dS/m	0.33
Materia Orgánica (%)	%	2.878
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	11.82
Nitrógeno Total (N)	mg/Kg	1 502.00
Fósforo Disponible Olsen	mg/Kg	21.21
Potasio Disponible	meq/100g	0.54

Nota. Tomado de Analytical Laboratory, 2026.

1.4.2. Análisis de suelo: Punto 2

En la Tabla 7 se muestran los parámetros físicos y químicos obtenidos del análisis de laboratorio Analytical Laboratory para la muestra de suelo del primer punto de recolección.

En primer lugar, el sustrato presenta una textura de arena franca. La muestra presenta una densidad real de 1.14 g/mL y una densidad aparente de 2.17 g/cm³. Asimismo, el porcentaje de porosidad fue de 1.04% y el contenido de humedad alcanzó un valor de 47.46%.

Por otro lado, la muestra presenta un pH de 5.89, indicando un potencial de hidrógeno moderadamente ácido. Por su parte, la conductividad eléctrica (CE) presentó un valor de 0.15 dS/m, clasificando al suelo como no salino. Además, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) resultó en un valor de 9.28 meq/100g.

Finalmente, respecto a la fertilidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, el análisis mostró un valor de 1.872% de materia orgánica. Se presenta un valor de 1 188.00 mg/Kg correspondiente al nitrógeno total. Adicionalmente, los valores de fósforo y potasio disponible son 14.76 mg/Kg y 0.36 meq/100 g, respectivamente.

Tabla 7

Resultados de análisis de suelo del punto 2

Parámetro	Unidad	Resultado
pH (Potencial de Hidrogeno)	Unidad de pH	5.89
Textura	-	Arena franca
Densidad Real	g/mL	1.14
Densidad Aparente	g/cm ³	2.17
Porosidad	%	1.0372
Humedad	%	47.46
Conductividad Eléctrica (CE)	dS/m	0.15
Materia Orgánica (%)	%	1.872
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	9.28
Nitrógeno Total (N)	mg/Kg	1 188.00
Fosforo Disponible Olsen	mg/Kg	14.76
Potasio Disponible	meq/100g	0.36

Nota. Tomado de Analytical Laboratory, 2026.

1.4.3. Análisis de suelo: Punto 3

En la Tabla 8 se muestran los parámetros físicos y químicos obtenidos del análisis de laboratorio Analytical Laboratory para la muestra de suelo del primer punto de recolección.

En primer lugar, el sustrato presenta una textura de arena franca. La muestra presenta una densidad real de 1.10 g/mL y una densidad aparente de 2.13 g/cm³. Asimismo, el porcentaje de porosidad fue de 2.30% y el contenido de humedad alcanzó un valor de 48.35%.

Por otro lado, la muestra presenta un pH de 5.95, indicando un potencial de hidrógeno moderadamente ácido. Por su parte, la conductividad eléctrica (CE) presentó un valor de 0.35 dS/m, clasificando al suelo como no salino. Además, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) resultó en un valor de 11.60 meq/100g.

Finalmente, respecto a la fertilidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, el análisis mostró un valor de 3.343% de materia orgánica. Se presenta un valor de 1 894.00 mg/Kg correspondiente al nitrógeno total. Adicionalmente, los valores de fósforo y potasio disponible son 31.74 mg/Kg y 0.48 meq/100 g, respectivamente.

Tabla 8

Resultados de análisis de suelo del punto 3

Parámetro	Unidad	Resultado
pH (Potencial de Hidrógeno)	Unidad de pH	5.95
Textura	-	Arena franca
Densidad Real	g/mL	1.10
Densidad Aparente	g/cm ³	2.13
Porosidad	%	2.3016
Humedad	%	48.35
Conductividad Eléctrica (CE)	dS/m	0.35
Materia Orgánica (%)	%	3.343
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	11.60
Nitrógeno Total (N)	mg/Kg	1 894.00
Fósforo Disponible Olsen	mg/Kg	31.74
Potasio Disponible	meq/100g	0.48

Nota. Tomado de Analytical Laboratory, 2026.

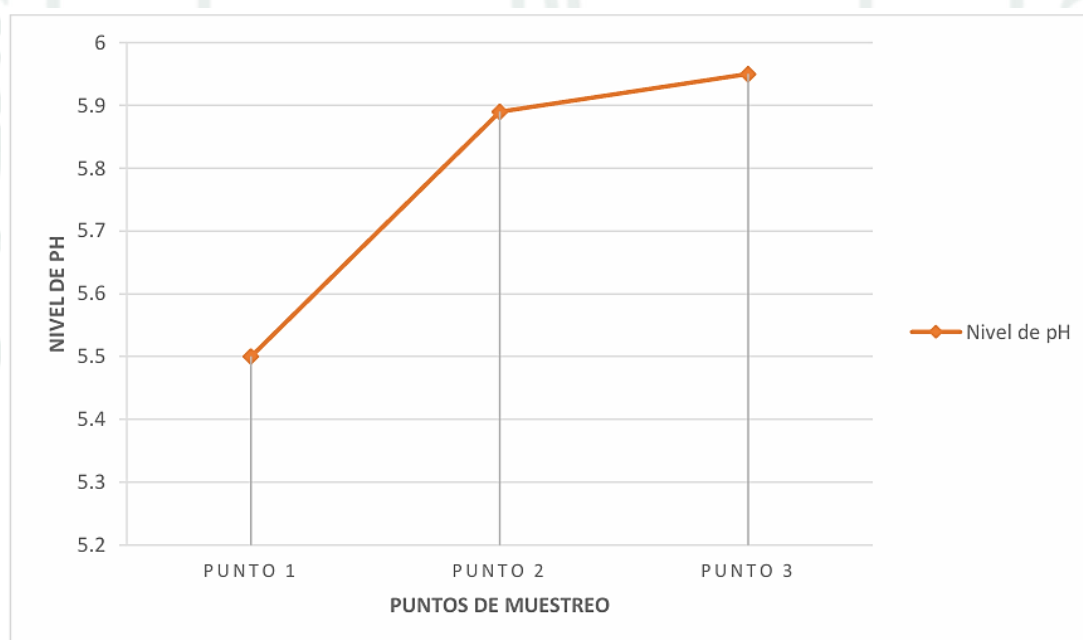
1.4.4. Comparación de resultados de análisis de suelo

1.4.4.1. Comparación de resultados según el pH (Potencial de hidrogeno)

Según los resultados mostrados en la Figura 24, se observa una tendencia creciente en los niveles de potencial de hidrógeno (pH) a lo largo de los tres puntos de muestreo. El análisis comienza en el Punto 1 con un valor de 5.50, señalando una acidez moderada, y presenta un aumento gradual hacia los Puntos 2 y 3, con valores de 5.89 y 5.95, respectivamente. Esa variación positiva de 0.45 unidades indica una tendencia hacia una acidez más suave, sugiriendo una modificación en las características químicas del suelo o del entorno estudiado a medida que se avanza en los puntos de muestreo, lo que podría tener un impacto considerable en la solubilidad de nutrientes y la actividad biológica del sistema.

Figura 24

Variación del Potencial de Hidrogeno (pH)



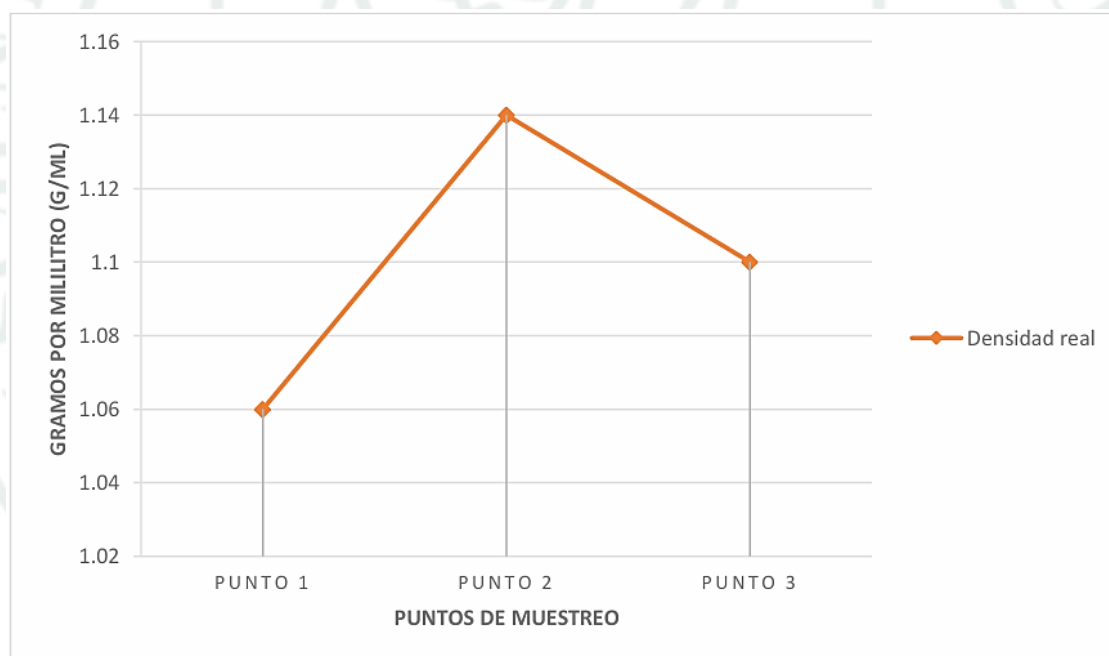
Nota. Variación del potencial de hidrógeno (pH) en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican una tendencia ascendente, con valores de 5.50 en el Punto 1, 5.89 en el Punto 2 y 5.95 en el Punto 3.

1.4.4.2. Comparación de resultados según la densidad real

Según los resultados mostrados en la Figura 25, se observa un patrón irregular en las muestras examinadas. El análisis comienza con un valor de 1.06 g/mL en el Punto 1, seguido de un notable aumento hasta lograr un máximo de 1.14 g/mL en el Punto 2. Finalmente, se observa una ligera baja en el Punto 3, quedando en 1.10 g/mL. Esa oscilación sugiere que el Punto 2 tiene la mayor densidad de masa por cada unidad de volumen sólido, lo que implica cambios en la composición mineral o la compactación del terreno en esa área en relación con los puntos cercanos.

Figura 25

Variación de la Densidad Real



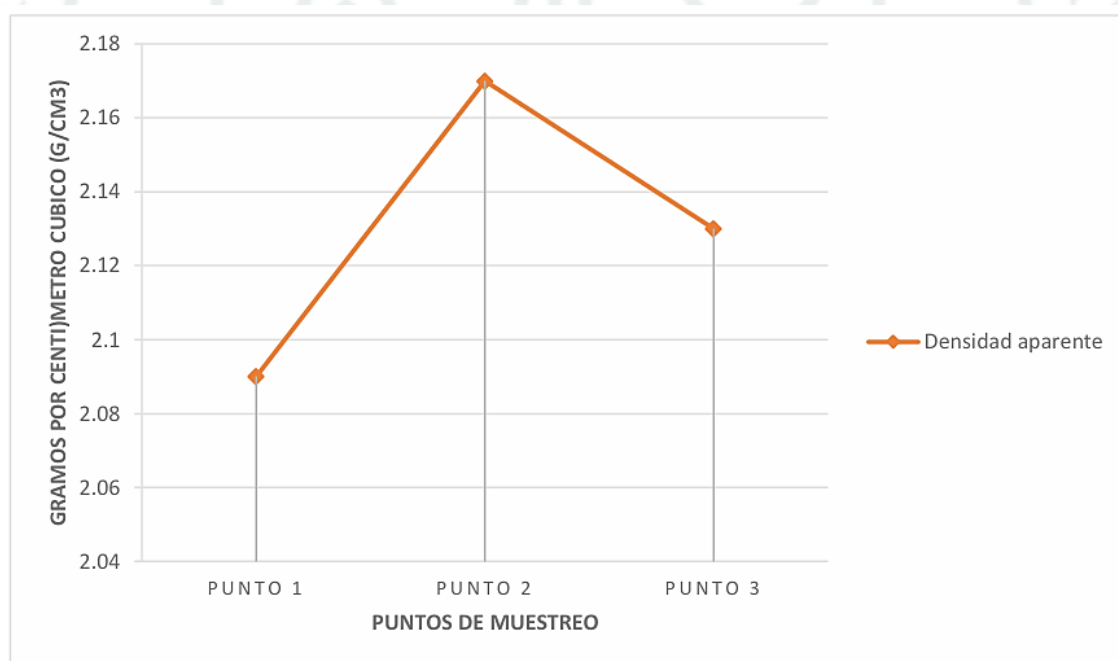
Nota. Variación de la densidad real en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor mínimo de 1.06 g/mL en el Punto 1, alcanzando un pico máximo de 1.14 g/mL en el Punto 2, y finalmente un valor de 1.10 g/mL en el Punto 3.

1.4.4.3. Comparación de resultados según la densidad aparente

Según los resultados mostrados en la Figura 26, se observa un comportamiento variable similar al de la densidad real, aunque con valores más altos. El Punto 1 muestra el valor más bajo con 2.09 g/cm^3 , seguido de un notable aumento en el Punto 2, donde se llega al máximo de 2.17 g/cm^3 . Finalmente, en el Punto 3 se registra una disminución moderada, ubicándose en 2.13 g/cm^3 . Los niveles de densidad aparente indican diferencias significativas en la porosidad y el grado de compactación de las muestras, siendo el Punto 2 la zona con menor espacio poroso, lo que afecta directamente la capacidad de aireación y la retención de líquidos de la muestra de suelo estudiada.

Figura 26

Variación de la Densidad Aparente



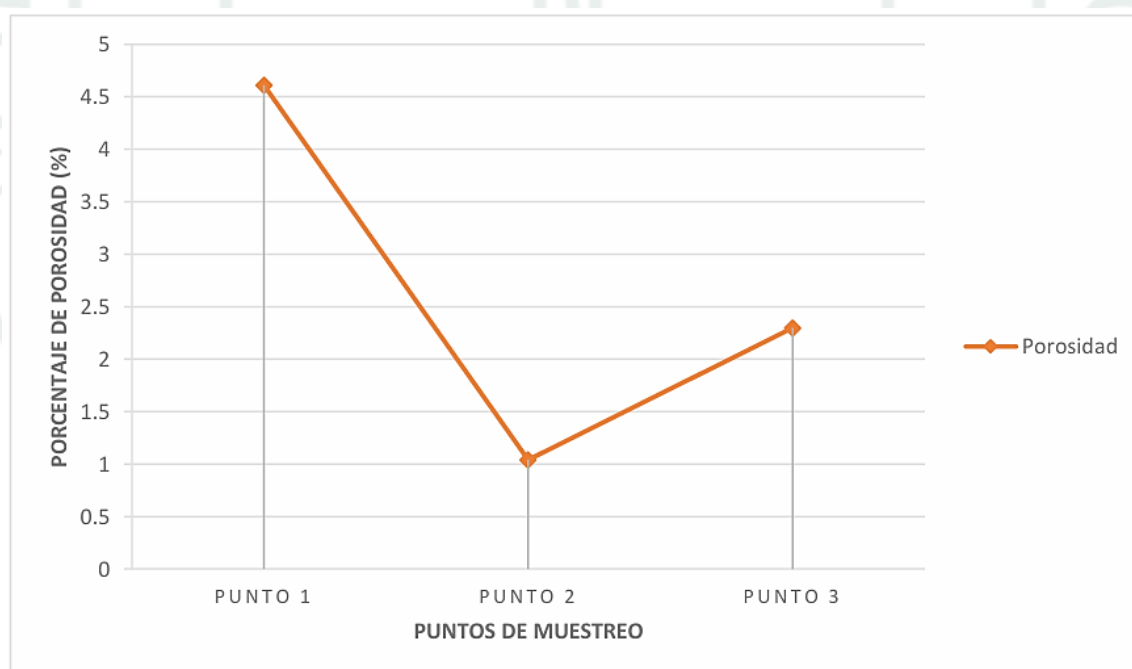
Nota. Variación de la densidad aparente en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor mínimo de 2.09 g/cm^3 en el Punto 1, alcanzando un pico máximo de 2.17 g/cm^3 en el Punto 2, y finalmente un valor de 2.13 g/cm^3 en el Punto 3.

1.4.4.4. Comparación de resultados según la porosidad

Según los resultados mostrados en la Figura 27, se observa una relación inversamente proporcional en comparación con los valores de densidad analizados anteriormente. El Punto 1 muestra el nivel más elevado de porosidad con un 46.11%, lo que se corresponde con su densidad más baja registrada. A continuación, se nota una caída considerable en el Punto 2, llegando a su nivel más bajo de 10.37%, para luego mostrar una recuperación parcial en el Punto 3 con un 23.02%. Esta destacable disminución de la porosidad en el segundo sitio de muestreo verifica una mejor compactación del material en esa área, lo que disminuye considerablemente el espacio disponible para el almacenamiento de aire y agua dentro de la estructura del suelo o muestra estudiada.

Figura 27

Variación de la Porosidad



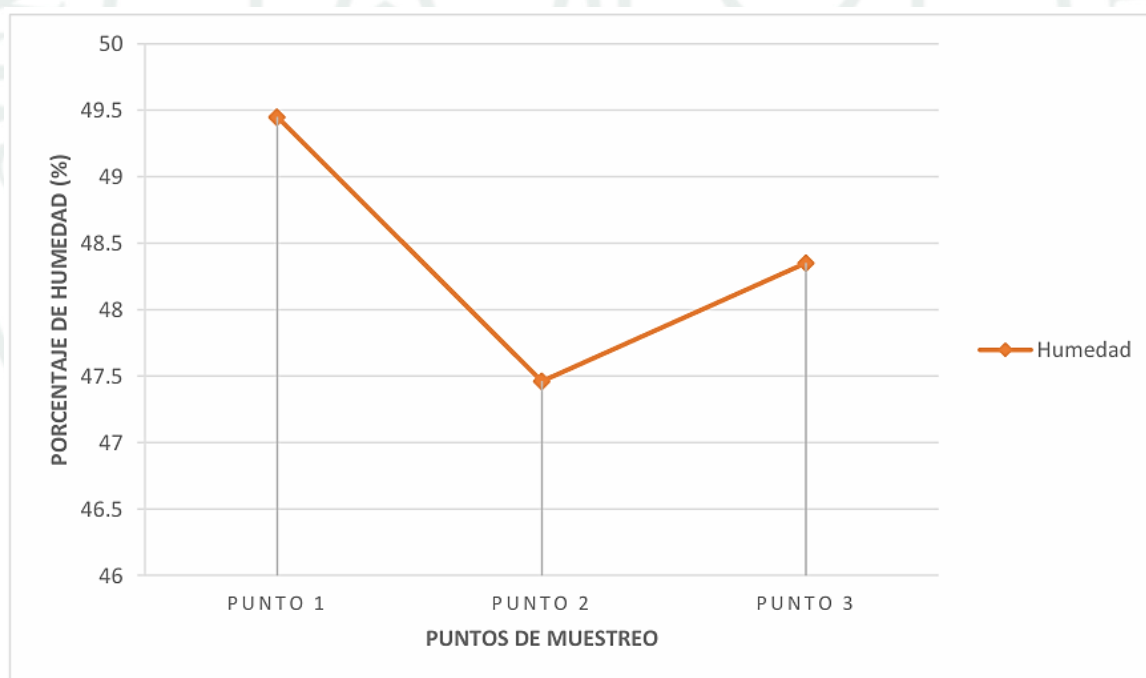
Nota. Variación del porcentaje de porosidad en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor máximo de 46.11% en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 10.37% en el Punto 2, y finalmente un valor de 23.02% en el Punto 3.

1.4.4.5. Comparación de resultados según la humedad

Según los resultados mostrados en la Figura 28, se evidencia un comportamiento que tiene una conexión directa con la porosidad del suelo estudiado. El Punto 1 muestra el nivel más alto de saturación con un 49.45%, lo que concuerda con su elevada porosidad. En cambio, en el Punto 2 se observa el valor más bajo de 47.46%, coincidiendo con el punto de mayor densidad y menor espacio poroso señalado anteriormente. El estudio concluye en el Punto 3 con una leve recuperación de la humedad, logrando un 48.35%. Los resultados indican que la habilidad de retención de agua de las muestras está influenciada por su estructura física, donde una densidad inferior facilita un mayor almacenamiento de agua.

Figura 28

Variación de la Humedad



Nota. Variación del porcentaje de humedad en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor máximo de 49,45% en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 47.46% en el Punto 2, y finalmente un valor de 48.35% en el Punto 3.

1.4.4.6. Comparación de resultados según la conductividad eléctrica (CE)

Según los resultados mostrados en la Figura 29, se evidencia una variación considerable en la concentración de sales solubles a lo largo de los puntos de muestreo. El análisis comienza con un valor de 0.33 dS/m en el Punto 1, seguido de una notable reducción que llega a un valor mínimo de 0.15 dS/m en el Punto 2. Se anota el máximo nivel de salinidad en el Punto 3 con 0.35 dS/m. Esta notable disminución de la conductividad en el segundo punto está directamente relacionada con la disminución de la porosidad y la humedad observadas antes, lo que sugiere que la mayor compactación en esa área restringe la movilidad iónica y la cantidad de electrolitos en la solución del suelo.

Figura 29

Variación de la Conductividad Eléctrica (CE)



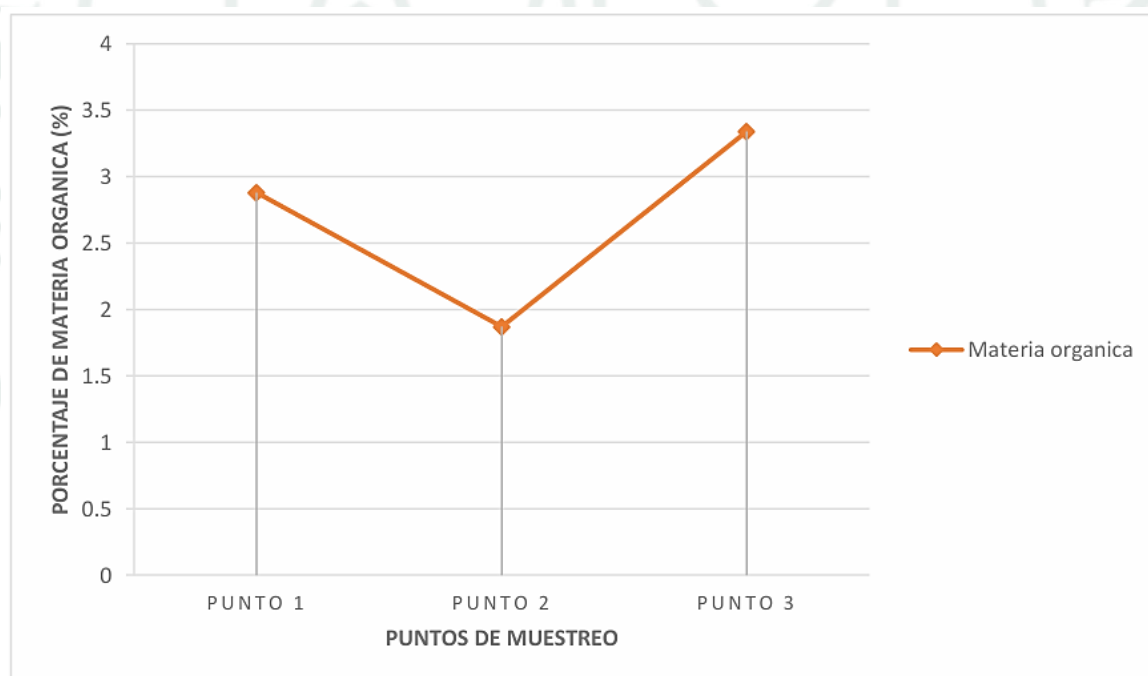
Nota. Variación de la conductividad eléctrica en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor de 0.33 dS/m en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 0.15 dS/m en el Punto 2, y finalmente un valor máximo de 0.35 dS/m en el Punto 3.

1.4.4.7. Comparación de resultados según la materia orgánica

Según los resultados mostrados en la Figura 30, se evidencia una variación que subraya la particularidad del segundo punto de muestreo. Se registra un valor inicial de 2.88% en el Punto 1, que desciende considerablemente hasta un mínimo de 1.87% en el Punto 2, para finalizar con un máximo de 3.34% en el Punto 3. La reducción en el Punto 2 está directamente relacionada con la baja porosidad y humedad observadas previamente, indicando que las condiciones de mayor compactación en esa área restringen la acumulación o conservación de elementos orgánicos. En cambio, el aumento final en el Punto 3 sugiere un ambiente con mayor capacidad para la actividad biológica y la fertilidad del suelo.

Figura 30

Variación de la Materia Orgánica



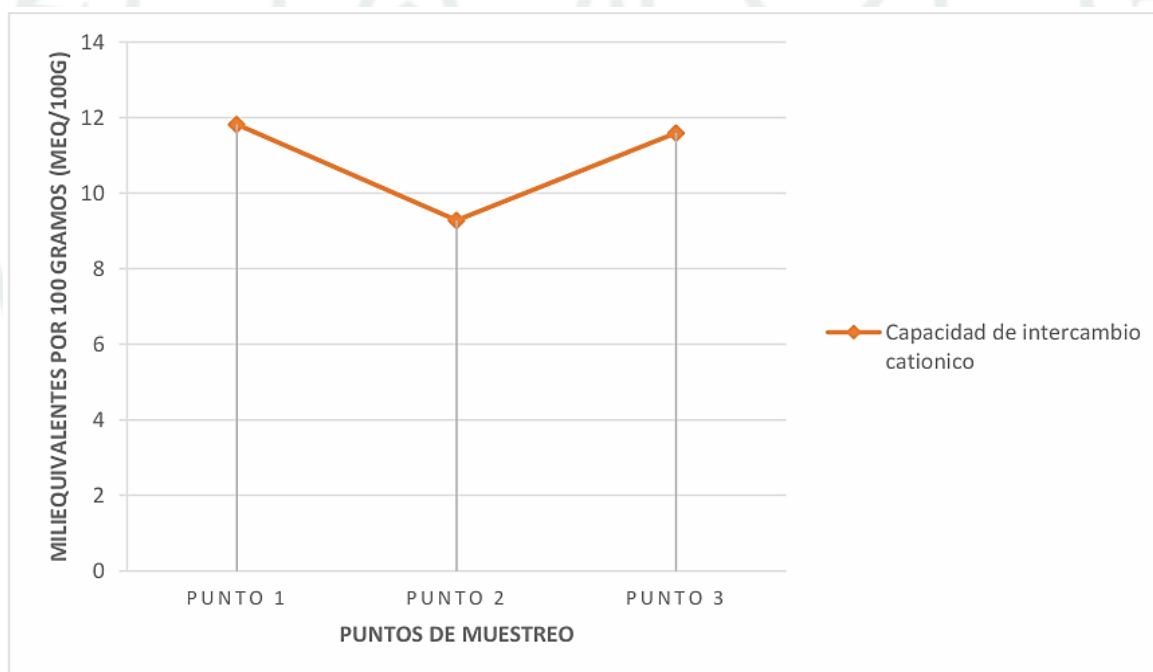
Nota. Variación del porcentaje de materia orgánica en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor de 2.88% en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 1.87% en el Punto 2, y finalmente un valor máximo de 3.34% en el Punto 3.

1.4.4.8. Comparación de resultados según la capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Según los resultados mostrados en la Figura 31, se muestra una tendencia coherente con los niveles de materia orgánica y porosidad examinados previamente. Se nota un valor máximo de 11.82 meq/100g en el Punto 1, seguido de una caída abrupta hasta llegar a un mínimo de 9.28 meq/100g en el Punto 2. Finalmente, el Punto 3 muestra una recuperación notable al alcanzar 11.60 meq/100 g. Esta disminución en el segundo punto de muestreo sugiere una capacidad reducida del suelo para almacenar y liberar nutrientes esenciales como el calcio, magnesio y potasio, lo que está directamente asociado a la escasa cantidad de coloides orgánicos y al incremento de la densidad en esa área.

Figura 31

Variación de la Capacidad de Intercambio Catiónico



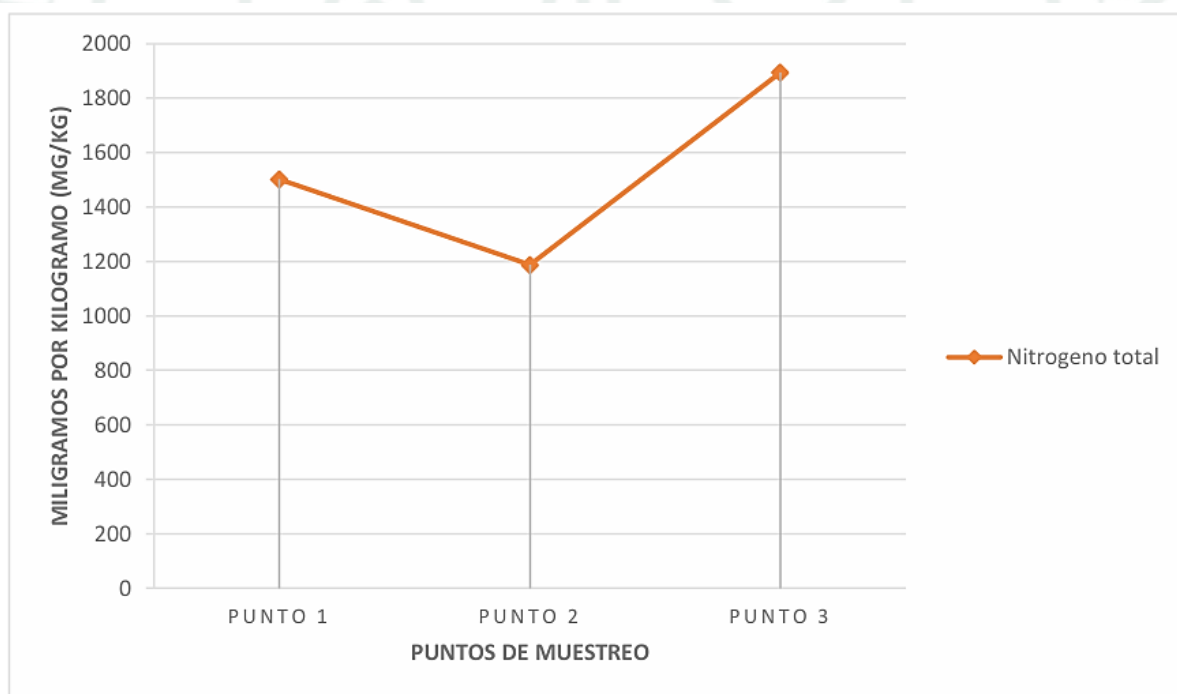
Nota. Variación de la capacidad de intercambio catiónico en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor máximo de 11.82 meq/100g en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 9.28 meq/100g en el Punto 2, y finalmente un valor de 11.60 meq/100g en el Punto 3.

1.4.4.9. Comparación de resultados según nitrógeno total (N)

Según los resultados mostrados en la Figura 32, estos muestran una dinámica íntimamente relacionada con los niveles de materia orgánica presentes en las muestras. El análisis inicia con un valor de 1502.00 mg/Kg en el Punto 1, seguido de una disminución notable hasta llegar al nivel más bajo de 1188.00 mg/Kg en el Punto 2. Finalmente, se documenta el máximo de concentración en el Punto 3 con 1894.00 mg/Kg. La disminución en el segundo punto de muestreo valida una menor presencia de este nutriente esencial en las áreas con mayor compactación, mientras que el aumento notable en el Punto 3 indica condiciones más propicias para los procesos de mineralización y la retención de nutrientes nitrogenados en el suelo.

Figura 32

Variación del Nitrógeno Total



Nota. Variación del nitrógeno total en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor de 1502.00 mg/Kg en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 1188.00 mg/Kg en el Punto 2, y finalmente un valor máximo de 1894.00 mg/Kg en el Punto 3.

1.4.4.10. Comparación de resultados según el fósforo disponible olsen

Según los resultados mostrados en la Figura 33, muestran una dinámica de comportamiento similar a la del nitrógeno y la materia orgánica, reforzando el perfil de fertilidad de las muestras. Se registra una concentración inicial de 21.21 mg/Kg en el Punto 1, que disminuye considerablemente hasta un valor mínimo de 1.476 mg/Kg en el Punto 2. Luego, el Punto 3 marca el valor más alto con 31.74 mg/Kg. Esa notable disminución en el segundo punto de muestreo indica que las condiciones físicas de alta densidad y baja porosidad previamente identificadas restringen la disponibilidad de fósforo, un elemento clave para el crecimiento de las raíces, mientras que el Punto 3 emerge como la zona con el mayor potencial nutricional de la región analizada.

Figura 33

Variación del Fosforo disponible Olsen



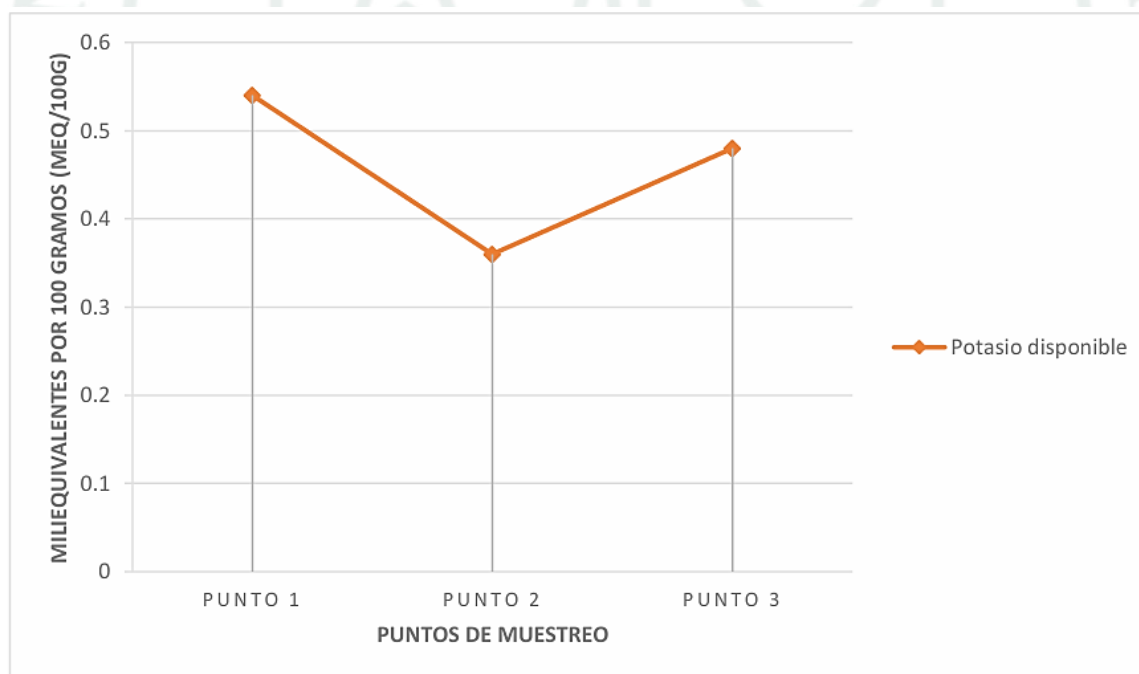
Nota. Variación del fósforo disponible Olsen en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor de 21.21 mg/Kg en el Punto 1, seguido de un valor mínimo de 1.476 mg/Kg en el Punto 2, y finalmente un valor máximo de 31.74 mg/Kg en el Punto 3.

1.4.4.11. Comparación de resultados según el potasio disponible

Según los resultados mostrados en la Figura 34, se observa que se sigue mostrando la misma tendencia de variación que se ha observado en otros nutrientes esenciales. El análisis comienza con un valor máximo de 0.54 meq/100g en el Punto 1, seguido de una disminución hasta un nivel mínimo de 0.36 meq/100g en el Punto 2. El análisis termina con una recuperación en el Punto 3, logrando un valor de 0.48 meq/100 g. Esta reducción en el segundo punto de muestreo respalda la idea de que la considerable densidad y escasa porosidad en esa área no solo influyen en la retención de agua, sino que también disminuyen la disponibilidad de cationes metálicos esenciales como el potasio, restringiendo la calidad nutricional del suelo en esa zona.

Figura 34

Variación del Potasio disponible



Nota. Variación del potasio disponible en las tres muestras de suelo recolectadas. Los resultados indican un valor máximo de 0.54 meq/100 g en el Punto 1, seguido del valor mínimo de 0.36 meq/100 g en el Punto 2, y finalmente un valor de 0.48 meq/100 g en el Punto 3.

2. Identificación fenológica y registro de especies

2.1. Especies arbóreas y arbustivas candidatas

Después de realizar una búsqueda bibliográfica, en la Tabla 9, se presenta una lista con 26 especies de flora pertenecientes a diferentes familias. Algunas de ellas, según Aguilar, (2022), poseen un potencial para ser usados, en proyectos de reforestación. Otras, en cambio, son utilizadas por los pobladores por sus propiedades medicinales; otras son de importancia para los polinizadores, sirven de refugio para la fauna local, entre otras razones.

Tabla 9

Especies seleccionadas para identificación y registro

Familia	Especie	Forma de crecimiento
<i>Asteráceae</i>	<i>Grindelia tarapacana</i>	Arbustiva
	<i>chuquiraga spinosa</i>	Arbustiva
	<i>Gochnatia arequipensis</i>	Arbustiva
	<i>Nordenstamia longistyla</i>	Arbustiva
	<i>Mutisia lanígera</i>	Arbustiva
	<i>Mutisia acuminata</i>	Arbustiva
	<i>Chuquiraga rotundifolia</i>	Arborea
	<i>Bacharris salicifolia</i>	Arbustiva
	<i>Baccharis alnifolia</i>	Arbustiva
	<i>Bacharis tola</i>	Arbustiva
	<i>Diplostephium meyenii</i>	Arbustiva
	<i>Gynoxys longistyla</i>	Arbustiva

	<i>Lophopappus berberidifolius</i>	Arbustiva
	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	Arbustiva
	<i>Senecio nutans</i>	Arbustiva
	<i>Polylepis rugulosa</i>	Arbustiva
Rosaceae	<i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav.	Arbórea
	<i>Adesmia verrucosa</i>	Arbustiva
Fabaceae	<i>Adesmia spinosissima</i>	Arbustiva
	<i>Senna birostris</i>	Arbustiva
Rhamnaceae	<i>Colletia spinosissima</i>	Arborea
Berberidaceae	<i>Berberis lutea</i>	Arbórea
Polemoniaceae	<i>Cantua candelilla</i>	Arbustiva
	<i>Calceolaria inamoena</i>	Arbustiva
Calceolariaceae	<i>Calceolaria pisacomensis</i>	Arbustiva
Solanaceae	<i>Dunalia spinosa</i>	Arbustiva

2.2. Selección de especies basados en criterios

En base a los criterios previamente establecidos, se clasificaron las 26 especies de flora en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12, las cuales fueron clasificadas en tres niveles de prioridad: muy alta, alta y media. Esta escala se usó adaptando el sistema de puntajes aplicada por Vilchez et al., (2019), donde determina la prioridad de las especies silvestres de tomate del Perú para la conservación ex situ. Asimismo, se optó por añadir un sistema de números con el fin de simplificar la información a recomendación del Blgo. Miguel Angel Hinojosa Talavera, biólogo experto en botánica perteneciente al Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre (SERFOR).

Tabla 10*Sistema de puntaje para la priorización en la conservación de especies vegetales*

Categoría	Criterios	Puntos
Estado de conservación	En Peligro Crítico (CR) / En Peligro (EN)	4
	Vulnerable (VU)	3
	Casi Amenazada (NT)	2
	Preocupación Menor (LC) o no evaluada	1
Protección legal	CITES Apéndice I	3
	CITES II o categoría nacional relevante	2
	Sin protección	1
Endemismo / Origen	Endémica local/regional	3
	Endémica nacional	2
	Nativa	1
Rol ecológico	Especie clave / ingeniera	2
	Regulador hídrico o de suelo	1
	Refugio de fauna	1
	Importante para polinizadores	1
	Pionera o fijadora de nitrógeno	1
Forma de vida	Arbórea	2
	Arbustiva	1
Uso	Uso actual comprobado	3
	Uso potencial	2
	Sin uso	1
Unicidad Taxonómica	Familia/género único	2

		Familia común	1
Conducta	de	Ortodoxa	2
almacenamiento		Recalcitrante	1

Tabla 11

Interpretación del puntaje

Puntaje	Nivel de prioridad	Interpretación
18 – 23	Muy alta	Especie clave, crítica o altamente funcional
13 – 17	Alta	Importancia alta
8 – 12	Media	Importancia moderada
≤ 7	Baja	Menor impacto o urgencia

Tabla 12

Selección de especies basado en criterios

Especie	Estado de conservación	Protección legal	Endemismo / Origen	Rol ecológico	Forma de vida	Uso	Unicidad Taxonómica	Conducta de almacenamiento	Total	Prioridad
<i>Polylepis rugulosa</i>	3	2	1	5	2	3	1	1	18	Muy alta
<i>Senna birostris</i> var.	1	1	3	5	1	2	1	1	15	Alta
<i>Arequipensis</i>	1	1	1	5	2	3	1	1	15	Alta
<i>Kageneckia lanceolata</i>	1	1	1	5	1	3	1	1	14	Alta
<i>Colletia spinosissima</i>	1	1	1	5	1	3	1	1	14	Alta
<i>Chuquiraga rotundifolia</i>	1	1	1	5	1	3	1	1	14	Alta

<i>Grindelia tarapacana</i>	1	1	1	5	1	3	1	1	14	Alta
<i>Baccharis salicifolia</i>	1	1	1	5	1	3	1	1	14	Alta
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Berberis lutea</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Gynoxys longistyla</i>	1	1	2	5	1	1	1	1	13	Alta
<i>Chuquiraga spinosa</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Gochnatia arequipensis</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Cantua candelilla</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Baccharis tola</i>	1	1	1	4	1	3	1	1	13	Alta
<i>Calceolaria pisacomensis</i>	1	1	3	3	1	1	1	1	12	Media
<i>Adesmia verrucosa</i>	1	1	1	4	1	2	1	1	12	Media
<i>Nordenstamia longistyla</i>	1	1	1	4	1	2	1	1	12	Media
<i>Baccharis alnifolia</i>	1	1	1	4	1	2	1	1	12	Media
<i>Senecio nutans</i>	1	1	1	4	1	2	1	1	12	Media
<i>Adesmia spinosissima</i>	1	1	1	3	1	2	1	1	11	Media
<i>Mutisia acuminata</i>	1	1	1	2	1	3	1	1	11	Media
<i>Lophopappus berberidifolius</i>	1	1	1	3	1	2	1	1	11	Media
<i>Diplostephium meyenii</i>	1	1	1	4	1	1	1	1	11	Media
<i>Dunalia spinosa</i>	1	1	1	2	1	3	1	1	11	Media
<i>Mutisia lanigera</i>	1	1	1	2	1	3	1	1	11	Media
<i>Calceolaria inamoena</i>	1	1	1	3	1	1	1	1	10	Media

2.3. Especies arbóreas y arbustivas registradas

Después de realizar una salida de campo, las 26 especies altoandinas previamente identificadas se redujeron a solo 21 especies, las cuales pertenecen a 10 familias botánicas. Esto se debió principalmente a su distribución escasa, o su inexistencia en la zona de estudio. Con el fin de respaldar esta información que se tuvo durante salida de identificación y reconocimiento al bosque de Cacayaco, se contó con el apoyo del Blgo. Miguel Angel Hinojosa Talavera, biólogo experto en botánica perteneciente al Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre (SERFOR). Cabe resaltar, que el orden de esta tabla está determinado por la prioridad previamente determinada, mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13

Flora identificada en el bosque de Cacayaco

Datos	Foto
Nombre científico: <i>Adesmia spinosissima</i> Meyen ex Vogel Nombre común: Anyahuaya Familia: <i>Fabaceae</i> Orden: <i>Fabales</i> Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea Especie Endémica: () Si (x) No Descripción: Especie arbustiva de tipo espinoso y perenne; tallos con ramificación densa; sus hojas son pinnadas, acortadas y de color verde grisáceo. Sus flores de color amarillo oscuro. Puede alcanzar los dos metros de crecimiento.	

Nombre científico: *Adesmia verrucosa* Meyen

Nombre común: No conocido

Familia: *Fabaceae*

Orden: *Fabales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: (x) Si () No

Descripción:

Especie arbustiva con tallos erectos con pequeñas hojas dispuestas de forma alterna o en racimos a lo largo de las ramas. Las hojas presentan una organización segmentada y un color verde intenso. Su nombre hace referencia a que posee estructuras en forma de verruga.



Nombre científico: *Baccharis alnifolia* Meyen & Walp.

Nombre común: Chilca

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con un hábito de crecimiento denso con múltiples ramificaciones con un follaje abundante de color verde oliva con una forma lanceolada. Cuando florece presenta inflorescencias agrupadas en las terminaciones de las ramas, las cuales adquieren una tonalidad entre blanquecina y amarillenta.



Nombre científico: *Baccharis tola*

Nombre común: Tola blanca

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva espinosa con hábito de crecimiento ramificado con tallos leñosos y delgados que se extienden de manera irregular. Sus hojas son pequeñas, de color verde, las cuales se distribuyen de forma densa a lo largo de las ramas jóvenes.



Nombre científico: *Berberis lutea* Ruiz & Pav.

Nombre común: Tankar / Palo amarillo

Familia: *Berberidaceae*

Orden: *Ranunculales*

Tipo de planta: ☐ arbustiva ☒ arbórea

Especie Endémica: ☐ Si ☒ No

Descripción:

Especie arbórea espinosa con un porte robusto y erguido, caracterizado por un tronco leñoso del que emergen abundantes ramificaciones densas. Sus hojas son de forma redondeada a ovalada, con un color verde intenso, mientras que, sus flores son de color amarillo.



Nombre científico: *Calceolaria inamoena*

Nombre común: Zapatito

Familia: *Calceolariaceae*

Orden: *Lamiales*

Tipo de planta: ☒ arbustiva ☐ arbórea

Especie Endémica: ☐ Si ☒ No

Descripción:

Especie arbustiva que destaca por su follaje denso de color verde oscuro compuesto por ramas delgadas. Su principal característica es su floración, ya que está compuesta por numerosas flores amarillas intensas con una forma globular característica de un “zapatito”.



Nota. Extraído de Rodríguez, (2018)

Nombre científico: *Calceolaria pisacomensis* Meyen ex Walp.

Nombre común: Zapatito

Familia: *Calceolariaceae*

Orden: *Lamiales*

Tipo de planta: ☒ arbustiva ☐ arbórea

Especie Endémica: ☒ Si ☐ No

Descripción:

Especie arbustiva con una estructura densamente ramificada con tallos delgados que sostienen un follaje abundante. Sus hojas suelen ser de forma ovalada a elíptica y de un color verde oscuro. Desarrolla flores pequeñas con una coloración que varía entre tonos anaranjados y rojizos.



Nombre científico: *Cantua candelilla* Brand

Nombre común: Candelilla

Familia: *Polemoniaceae*

Orden: *Ericales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: (x) Si () No

Descripción:

Especie arbustiva con flores de forma tubular y alargada con una coloración rosada o fucsia intensa, las cuales, cuelgan de las ramas de manera péndula, agrupándose en racimos que sobresalen del follaje verde. La estructura del arbusto es ramificada y leñosa, lo que le permite sostener sus abundantes inflorescencias.



Nota. Extraído de Porter & Prather, (2008)

Nombre científico: *Chuquiraga spinosa* D. Don

Nombre común: Huamanpinta / roncadór

Familia: *Asteraceae*

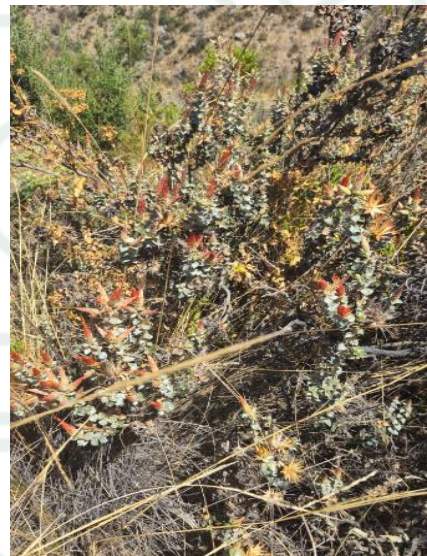
Orden: *Asterales*

Tipo de planta: () arbustiva (x) arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbórea con tallos rígidos y leñosos protegidos por hojas coriáceas, pequeñas con un aspecto espinoso. Su inflorescencia es caracterizada por flores con brácteas de un color anaranjado o rojizo vibrante que terminan en puntas agudas, agrupándose de manera llamativa.



Nombre científico: *Colletia spinosissima*

Nombre común: Espina de Cristo

Familia: *Rhamnaceae*

Orden: *Rosales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva de porte rígido y ramificación intrincada, se caracteriza por carecer de follaje funcional; en su lugar, posee tallos verdes que sobresalen en forma de espinas, las cuales se ponen en forma de cruz. Sus flores son pequeñas, urceoladas y de una coloración que varía del rosa intenso al rojizo.



Nombre científico: *Diplostegium meyenii* Wedd.

Nombre común: Manzanilla de campo

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con un hábito de crecimiento erecto con tallos delgados y flexibles que se ramifican desde la base. Sus hojas son pequeñas, lineales y de un color verde grisáceo, distribuidas en las ramas. Sus flores presentan un disco central amarillo rodeado de pétalos blancos.



Nombre científico: *Dunalia spinosa* (Meyen) Dammer

Nombre común: Tankar

Familia: *Solanaceae*

Orden: *Solanales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con un hábito de crecimiento vigoroso y muy ramificado, con tallos que tienden a crecer de forma vertical y extendida. Sus hojas son de color verde oliva y se distribuyen profusamente a lo largo de las ramas jóvenes. Suele presentar una estructura leñosa resistente, adaptada a paisajes secos.



Nombre científico: *Grindelia tarapacana* Phil

Nombre común: Chiri Chiri

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con un hábito de crecimiento denso y achaparrado, con múltiples tallos que se entrelazan formando una estructura compacta. Sus hojas son de color verde amarillento, con una textura que suele ser algo pegajosa o resinosa. Sus flores son de color amarillo brillante, los cuales resaltan sobre el follaje.



Nombre científico: *Gynoxys longistyla* (Greenm. & Cuatrec.) Cuatrec.

Nombre común: Desconocido

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: (x) Si () No

Descripción:

Especie arbustiva con tallos largos y delgados que crecen de manera vertical. Su follaje posee una tonalidad verde grisácea o plateada debido a la presencia de una densa vellosidad en sus hojas y tallos. Las hojas son de forma lanceolada y se distribuyen de manera espaciada.



Nombre científico: *Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav.

Nombre común: Lloque

Familia: *Rosaceae*

Orden: *Rosales*

Tipo de planta: () arbustiva (x) arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbórea con un tronco principal leñoso, alto y definido del que parten ramas ascendentes. Sus hojas son de forma lanceolada, con bordes ligeramente serrados y una coloración verde oliva. Su principal característica es en su fruto en forma de estrella.



Nombre científico: *Lophopappus berberidifolius*

Nombre común: Taza

Familia: *Asteraceae*

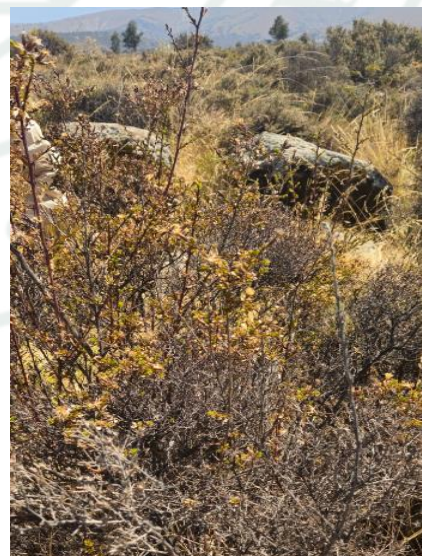
Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con tallos delgados y leñosos que se ramifican densamente desde la base. Sus hojas son pequeñas, con bordes ligeramente dentados o espinosos y una coloración verde que se torna amarillada en las ramas más antiguas. Su característica principal es ser un arbusto medicinal y resinoso.



Nombre científico: *Mutisia acuminata* Ruiz & Pav.

Nombre común: Chinchircuma

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con tallos largos y delgados que tienden a entrelazarse con la vegetación circundante. Sus hojas son de color verde pálido, con una textura lanosa o grisácea en el envés. Produce flores grandes y vistosas con pétalos de un color anaranjado o rojo brillante.



Nombre científico: *Parastrephia quadrangularis* (Meyen) Cabrera

Nombre común: Tola

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva con un hábito de crecimiento muy denso y achaparrado, con una estructura resinosa. Sus tallos son leñosos y están cubiertos por hojas sumamente pequeñas y de aspecto escamoso de color verde, mientras que sus flores son de color amarillo.



Nombre científico: *Polylepis rugulosa*

Nombre común: Queñua

Familia: *Rosaceae*

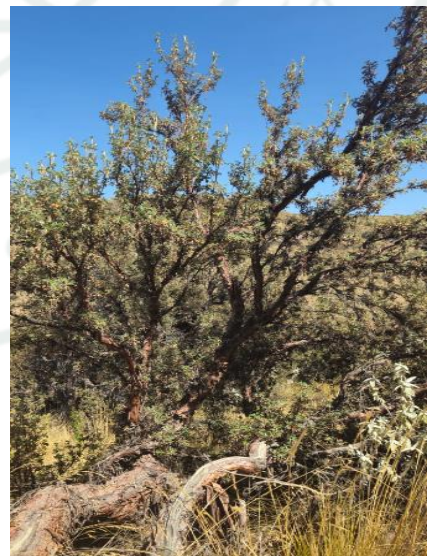
Orden: *Rosales*

Tipo de planta: () arbustiva (x) arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbórea con un tronco retorcido y una corteza de color rojizo, la cual se desprende en múltiples láminas delgadas. Presenta un hábito de crecimiento ramificado con una copa irregular; sus hojas son pequeñas, coriáceas y se agrupan en racimos densos.



Nombre científico: *Senna birostris* var. *arequipensis*
(Meyen ex Vogel) H.S.Irwin & Barneby

Nombre común: Mutuy

Familia: *Fabaceae*

Orden: *Fabales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: (x) Si () No

Descripción:

Especie arbustiva con un follaje compuesto de hojas de color verde claro formadas por pequeños folíolos redondeados que se distribuyen simétricamente a lo largo del tallo. Sus flores presentan un color amarillo oro con cinco pétalos redondeados y estambres visibles. Además, la planta desarrolla legumbres alargadas y verdes.



Nombre científico: *Senecio nutans*

Nombre común: Chachacoma

Familia: *Asteraceae*

Orden: *Asterales*

Tipo de planta: (x) arbustiva () arbórea

Especie Endémica: () Si (x) No

Descripción:

Especie arbustiva un hábito de crecimiento erecto con tallos delgados que se ramifican densamente desde la base, dándole un aspecto plumoso o de escobilla. Sus hojas son pequeñas, lineales y de un color verde grisáceo, distribuidas de manera compacta a lo largo de las ramas. Por otro lado, cuando entra en periodo de floración, sus flores son de color amarillo.



2.4. Investigación morfológica

En la Tabla 14 se muestran las fotos de la morfología de cada especie, obtenidas de la salida de campo; a pesar de que todas son de tipo ortodoxa, la mayoría posee una semilla de tamaño diminuto, junto con la formación de estructuras de tipo pluma. Algunas de las fotos de las flores, semillas y/o frutos se obtuvieron de artículos debido a sus periodos de fructificación.

Tabla 14

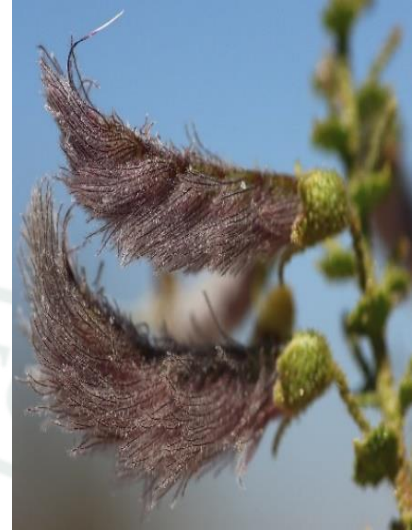
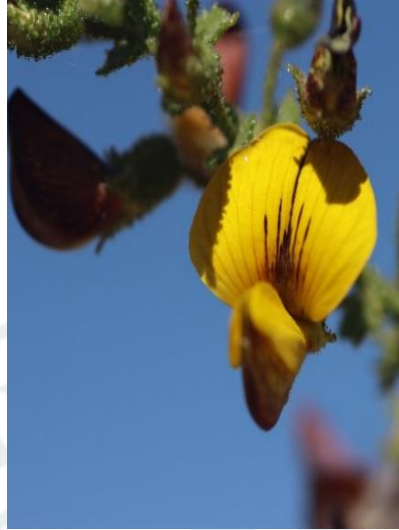
Caracterización morfológica de especies del Bosque de queñua de Cacayaco

Descripción	Flor	Fruto / Semilla
Nombre científico: <i>Adesmia spinosissima</i> <i>Meyen ex Vogel</i> Tipo de fruto / semilla: Legumbre pubescente Forma de dispersión: Por el viento		
	Su flor es de color amarillo oscuro. La estructura floral presenta el típico estandarte con vetas de color rojizo o pardo oscuro.	A diferencia de las legumbres lisas, su semilla presenta una densa capa de tricomas o vellosidades que le otorgan una apariencia suave y peluda

Nombre científico:
Adesmia verrucosa
Meyen

Tipo de fruto / semilla:
Legumbre pubescente

Forma de dispersión:
Por el viento



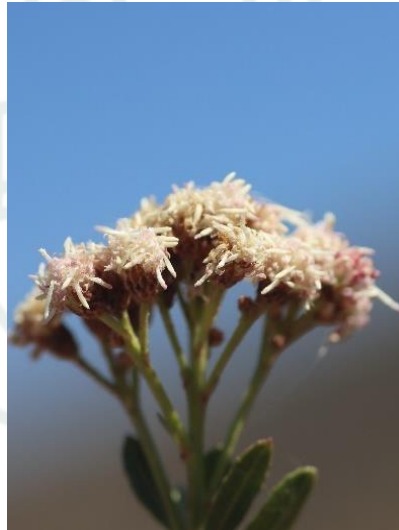
Su flor es de color amarillo brillante con franjas oscuras a lo largo del estandarte. Esta forma es típica de las fabáceas.

La semilla está cubierta por una estructura curvada pronunciada y está densamente cubierto por tricomas largos y sedosos que le dan una apariencia plumosa y táctil.

Nombre científico:
Baccharis alnifolia
Meyen & Walp.

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por el viento



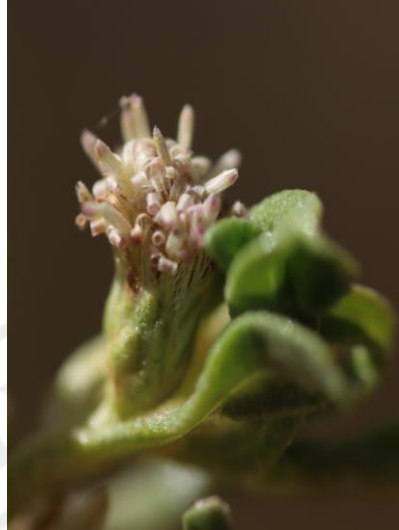
Su flor muestra inflorescencias agrupadas con flores de tonalidad blanca o blanquecina, organizadas de manera densa en la punta de las ramas.

Su fruto presenta una estructura en forma de un papus (grupo de pelos delgados y simples) que envuelve la semilla.

Nombre científico:
Baccharis tola

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por el viento



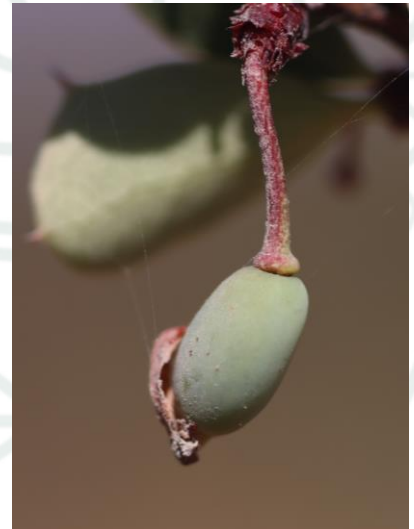
Su flor muestra inflorescencias con flores blancas organizadas en capítulos reducidos, característicos de la familia Asteraceae.

Cuando llega a la madurez, la planta se recubre de una capa algodonosa blanca, que equivale al vilano de los frutos.

Nombre científico:
Berberis lutea Ruiz & Pav.

Tipo de fruto / semilla:
Baya

Forma de dispersión:
Por medio de la fauna al ser consumida



Nota. Extraído de Belov, (2006)

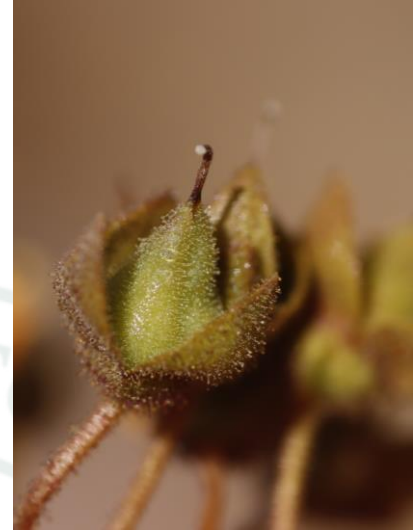
Su flor muestra inflorescencias con flores de un color amarillo brillante. Las flores son diminutas, de forma esférica y se agrupan a lo largo de las ramas.

El fruto es una baya, el cual tiene una estructura carnosa de forma elipsoide u ovoide, sostenida por un pedicelo largo. En la foto se ve de color verde por su falta de madurez.

Nombre científico:
Calceolaria inamoena

Tipo de fruto / semilla:
Cápsula

Forma de dispersión:
Por el viento mediante
medios físicos



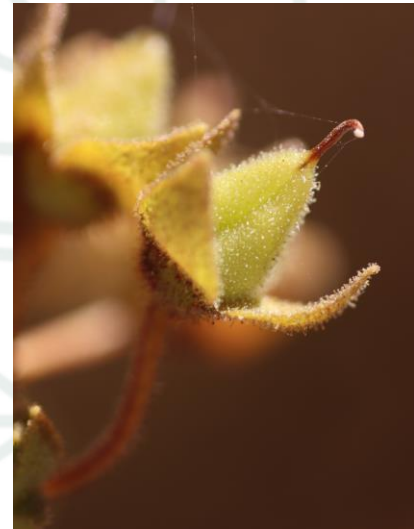
Sus flores son de color amarillo con una forma bilabiada típica del género, parecidas a una pequeña bolsa o "zapatito".

Su fruta es una cápsula con una superficie con vellos (pelos pequeños) y alberga numerosas semillas minúsculas en su interior.

Nombre científico:
Calceolaria
pisacomensis Meyen
ex Walp.

Tipo de fruto / semilla:
Cápsula

Forma de dispersión:
Por el viento mediante
medios físicos



Sus flores son de un color rojo-anaranjado, asimismo, conserva la forma bilabiada y redondeada (tipo "bolsa") propia del género Calceolaria.

La fruta es una cápsula con forma cónica-ovoide, de un tono verdoso y superficie pubescente, presentando un estilo en la punta.

Nombre científico:
Cantua candelilla
Brand

Tipo de fruto / semilla:
Cápsula

Forma de dispersión:
Por medio del viento

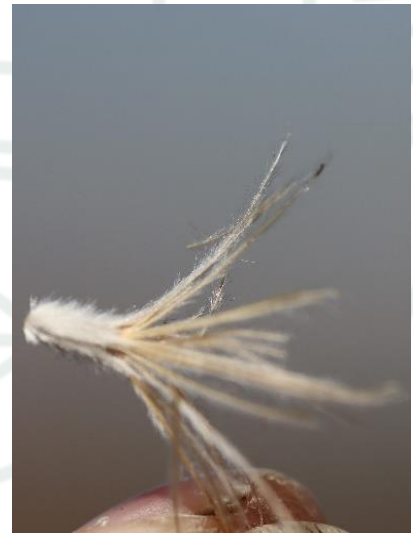


Su flor presenta una corola tubular y alargada, generalmente de colores intensos que varían entre el rojo, rosado o anaranjado. Su forma de trompeta está diseñada para atraer a sus principales polinizadores como colibries.

Nombre científico:
Chuquiraga spinosa
D.Don

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por el viento



Sus flores presentan capítulos finales con brácteas duras y afiladas de tonalidad anaranjada brillante o amarillenta.

El fruto es un aquenio, el cual, tiene un papus plumoso muy desarrollado, formado por cerdas delgadas que ayudan a su desplazamiento.

Nombre científico:
Colletia spinosissima
J.F.Gmel.

Tipo de fruto / semilla:
Cápsula

Forma de dispersión:
Por el viento



Nota. Extraído de Fernández,
(2026)

Sus flores poseen una forma urceolada o de campana de un color rojizo con unos pétalos que se curvan hacia afuera, revelando un color blanquecino interno. Además, se observa que se asoman los estambres.

Su fruto son capsulas de forma esferica y tamaño considerable con un color purpura oscuro, esto indica que el fruto se encuentra maduro.

Nombre científico:
Diplostephium meyenii Wedd.

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de Ripley,
(2018)

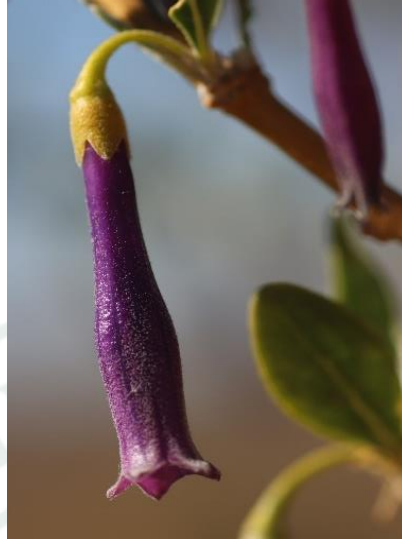
Sus flores se agrupan en capítulos. Estas suelen tener lígulas blancas en el borde y flores tubulares amarillas en el centro.

Su fruto es un aquenio con varios vilanos (conjunto de pelos blancos plumosos) que funciona como paracaídas como estrategia de dispersion.

Nombre científico:
Dunalia spinosa
(Meyen) Dammer

Tipo de fruto / semilla:
Baya

Forma de dispersión:
Por la fauna local al
momento de
consumirla



Su flor tiene forma de tubo alargado de un característico color púrpura o violeta intenso. Esta forma es típica de numerosas solanáceas y generalmente está adaptada para la polinización.

La fruta es una baya de textura carnosa, redonda y de tonalidad verde en su fase inmadura, que alberga las semillas en una pulpa interna.

Nombre científico:
Grindelia tarapacana
Phil

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de Grim, (2025)

Sus flores presentan capítulos solitarios de color amarillo intenso. El involucre de la flor es muy resinoso y tiene escamas con puntas curvadas hacia atrás.

El fruto que se observa al lado del a flor aquenios compuesto de varios vilanos de color blanco, los cuales sirven de apoyo para la dispersion de semillas.

Nombre científico:
Gynoxys longistyla
(Greenm. & Cuatrec.)
Cuatrec.

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de SERFOR,
(2024)

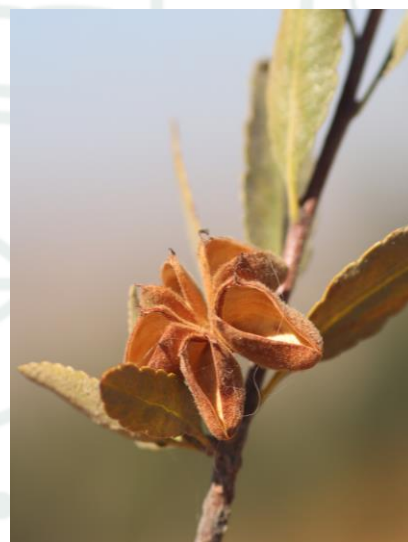
Su flor presenta capítulos florales con flores liguladas y tubulares de color amarillo intenso. La parte del involucro es de color verde con una estructura aterciopelada de color blanco.

El fruto es un aquenio con un papus plumoso sumamente denso y blanquecino que envuelve la semilla.

Nombre científico:
Kageneckia lanceolata
Ruiz & Pav.

Tipo de fruto / semilla:
Polifolículo

Forma de dispersión:
Por medio del viento y la gravedad



Su flor muestra varios estambres que sobresalen con anteras de color marrón oscuro o púrpura, mientras que otros son de un color amarillo más brillante. Su textura es aterciopelada.

El fruto es del tipo polifolículo, presentando varias capsula que asemejan a una forma de estrella con el fin de resguardar las semillas en su interior hasta que alcanzan la madurez.

Nombre científico:
Lophopappus
berberidifolius

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de Gallegos, (2020)

Sus flores se agrupan en pequeño capítulos, estas son generalmente de color crema o amarillento y suelen aparecer en las puntas de las ramas.

Su fruto es un aquenio compuesto de varios vilanos (conjunto de cerdas o pelos finos de color crema/pardo) que coronan el fruto

Nombre científico:
Mutisia *acuminata*
Ruiz & Pav.

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de San Diego State University, (2015)

Nota. Extraído de Montes, (2023)

Su flor presenta inflorescencias en capítulos solitarios, estas son de un color naranja intenso o rojo anaranjado, con una forma tubular alargada que termina en pétalos vistosos.

El fruto que se observa son varios aquenios grandes y pronunciados compuesto de varios vilanos de color blanco, los cuales sirven de apoyo para la dispersión de semillas.

Nombre científico:
Parastrephia
quadrangularis
(Meyen) Cabrera

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de Palabral, (2025)

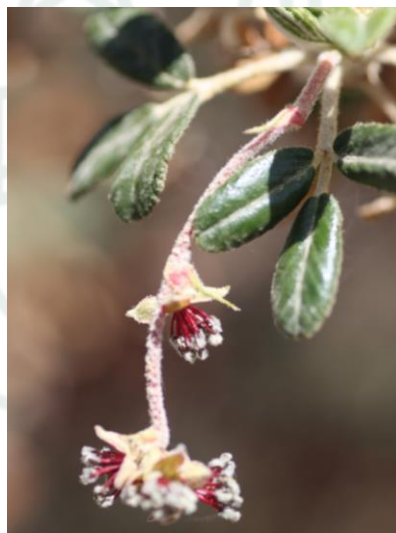
Las flores se agrupan en capítulos solitarios al final de las ramas. Estos son de color amarillo y, al ser una asterácea, tienen flores centrales en forma tubular.

El fruto que se observa en la planta son varios aquenios compuesto por varios vilanos de color crema, los sirven de apoyo para la dispersion de semillas.

Nombre científico:
Polylepis rugulosa

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Nota. Extraído de Pérez, (2022)

Sus flores son pequeñas, poco llamativas y se agrupan en racimos colgantes. Además, carecen de pétalos grandes y colores vibrantes, con filamentos de color rojizo y estambres de color blanco.

El fruto es un aquenio representado por un conjunto de pelos plumosos de color crema o pajizo que lo coronan. Estas cumplen el rol de servir para la dispersión de las semillas.

Nombre científico:
Senna birostris var.
arequipensis (Meyen
ex Vogel) H.S.Irwin &
Barneby

Tipo de fruto / semilla:
Legumbre

Forma de dispersión:
Por medio del viento y
la gravedad



Su flor presenta pétalos de un color amarillo vibrante con una estructura abierta que permite ver sus estambres centrales con anteras de color blanco.

La semilla esta cubierta por una legumbre de color verde, el cual tiene una forma alargada y aplanada, y cuelga de una rama delgada.

Nombre científico:
Senecio nutans

Tipo de fruto / semilla:
Aquenio

Forma de dispersión:
Por medio del viento



Su flor presenta capítulos florales de un color amarillo intenso. Las flores son tubulares y se agrupan en inflorescencias terminales.

El fruto es un aquenio el cual está coronado por un vilano de color blanco, compuesto por cerdas sedosas y finas.

2.4.1. Recopilación morfológica

En la Tabla 15 se muestra la recopilación de la lista previamente elaborada de las 21 especies de flora clasificadas según el tipo de familia, la forma de crecimiento y el tipo de fruto y/o semilla con el fin de conocer la predominancia de cada categoría.

Tabla 15

Caracterización morfológica de la flora del Bosque de Polylepis de Cacayaco

Nº	Nombre científico	Familia	Forma de crecimiento	Tipo de fruto / semilla
1	<i>Adesmia spinosissima</i> <i>Meyen ex Vogel</i>	<i>Fabaceae</i>	Arbustiva	Legumbre pubescente
2	<i>Adesmia verrucosa</i> Meyen	<i>Fabaceae</i>	Arbustiva	Legumbre pubescente
3	<i>Baccharis alnifolia</i> Meyen & Walp.	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
4	<i>Baccharis tola</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
5	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	<i>Berberidaceae</i>	Arbórea	Baya
6	<i>Calceolaria inamoena</i>	<i>Calceolariaceae</i>	Arbustiva	Cápsula
7	<i>Calceolaria pisacomensis</i> <i>Meyen ex Walp.</i>	<i>Calceolariaceae</i>	Arbustiva	Cápsula
8	<i>Cantua candelilla</i> Brand	<i>Polemoniaceae</i>	Arbustiva	Cápsula
9	<i>Chuquiraga spinosa</i> D.Don	<i>Asteraceae</i>	Arbórea	Aquenio
10	<i>Colletia spinosissima</i> <i>J.F.Gmel.</i>	<i>Rhamnaceae</i>	Arbustiva	Cápsula
11	<i>Diplostephium meyenii</i> <i>Wedd.</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
12	<i>Dunalia spinosa</i> (Meyen) <i>Dammer</i>	<i>Solanaceae</i>	Arbustiva	Baya
13	<i>Grindelia tarapacana</i> Phil	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
14	<i>Gynoxys longistyla</i> (Greenm. & Cuatrec.) <i>Cuatrec.</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
15	<i>Kageneckia lanceolata</i> <i>Ruiz & Pav.</i>	<i>Rosaceae</i>	Arbórea	Polifolículo
16	<i>Lophopappus berberidifolius</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
17	<i>Mutisia acuminata</i> Ruiz & <i>Pav.</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio

18	<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio
19	<i>Polylepis rugulosa</i> Senna birostris var. arequipensis (Meyen ex Vogel) H.S.Irwin & Barneby	<i>Rosaceae</i>	Arbustiva	Aquenio
20		<i>Fabaceae</i>	Arbustiva	Legumbre
21	<i>Senecio nutans</i>	<i>Asteraceae</i>	Arbustiva	Aquenio

2.5. Cronograma de recolección

En la Tabla 16 se muestra la distribución temporal de los meses en los que se registraron los periodos de fructificación de las 21 especies de flora previamente seleccionadas a lo largo del año. Se observa que la mayoría de las especies fructifica entre los meses de marzo y julio, periodo que coincide con el fin de la temporada de lluvias en la zona de estudio. Esta información de igual manera se encuentra respaldada por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

Tabla 16

Cronograma de recolección de semillas por especie

N°	Especie	Meses del año											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen ex Vogel	X	X	X									
2	<i>Adesmia verrucosa</i> Meyen		X	X									
3	<i>Baccharis alnifolia</i> Meyen & Walp.	X	X	X									
4	<i>Baccharis tola</i>	X	X	X									X
5	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.			X	X	X							
6	<i>Calceolaria inamoena</i>					X	X	X	X				
7	<i>Calceolaria pisacomensis</i> Meyen ex Walp.					X	X	X	X				
8	<i>Cantua candelilla</i> Brand	X										X	X

3.1.1. Descripción de los procedimientos

3.2.1.1. Selección de especies de interés

La primera etapa de la fase de planificación constituye la selección de especies de interés, las cuales deben ser previamente identificadas. Es necesario indagar sus características físicas para un mejor reconocimiento en campo, mediante libros de botánica u opiniones de expertos en el tema (Sandoval Montenegro, 2016).

3.2.1.2. Determinación de la época de recolección

La segunda etapa comprende la identificación de la época de recolección. Cuando se realiza la planeación, es importante no solo tener una lista de las especies de interés, sino también conocer su fenología, con el fin de determinar en qué momento cada especie estará en etapa de dispersión de semillas, también llamado periodo de fructificación.

3.2.1.3. Gestión de permisos

La tercera etapa, denominada gestión de permiso, toda recolección de material biológico o genético, como las semillas, suele estar sujeta a las leyes y reglamentos nacionales, locales y/o acuerdos internacionales, por lo que es necesario indagar y gestionar las autorizaciones necesarias para cumplir con la ley y evitar penalizaciones (Sandoval Montenegro, 2016).

3.2.1.4. Preparación del material

La cuarta etapa comprende la preparación del material; tiene el objetivo de tener todos los equipos y materiales necesarios para desarrollar una correcta y segura recolección del material genético. Generalmente, incluye la elaboración de un inventario y presupuesto, comprendiendo desde materiales básicos como guantes y pala, equipos como sensores de humedad, hasta servicios como el transporte.

3.2.1.5. Identificación del estado y cantidad de semillas

La quinta etapa se puede considerar como una extensión de la primera; sin embargo, tiene el objetivo de establecer la cantidad límite de semillas que se pueden recolectar, evitando una interferencia directa en la reproducción y dispersión de las especies, así como también conocer el estado maduro de la semilla previo a la recolección (Sandoval Montenegro, 2016).

3.2.1.6. Establecimiento de las técnicas de recolección

La última etapa de la fase de planificación comprende el establecimiento de las técnicas de recolección que se aplicarán durante la jornada. Este punto es importante debido a que se busca recolectar la mayor cantidad de material genético fresco y en buen estado posible, evitando atentar contra la vida del bosque o la zona de recolección.

3.1.2. Procedimientos

3.1.2.1. Selección de especies de interés

El primer paso es una adecuada selección de las especies a conservar, basándonos en una serie de criterios como los caracteres biológicos de la especie, función ecológica, el grado de amenaza de la población debido a actividades antrópicas, interés científico y/o académico, las condiciones de acceso a las semillas, entre otros. A continuación, se muestran los criterios seleccionados descritos detalladamente en la Tabla 17.

Tabla 17

Criterios técnicos y de evaluación para la selección de especies vegetales

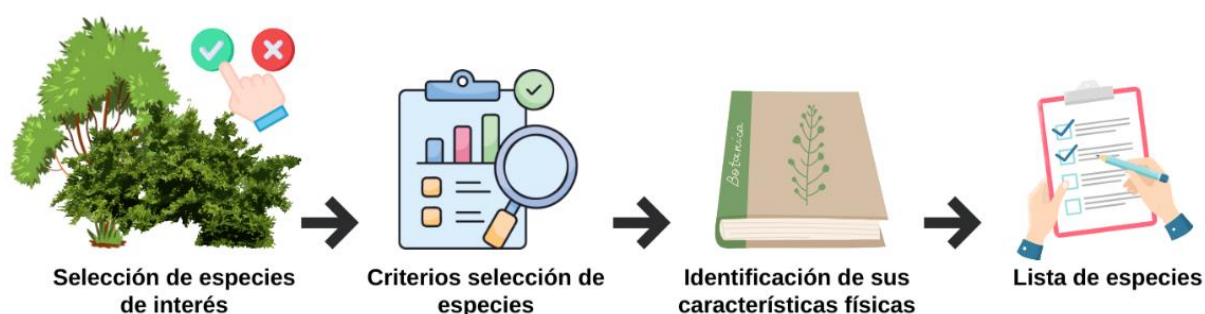
Criterio	Descripción	Estados del criterio
Conducta de almacenamiento de semillas	Esta información es desconocida para la mayoría de las plantas. Sin embargo, las semillas recolectadas pueden ser investigadas para determinar su conducta de almacenamiento.	● Ortodoxa ● Intermedia ● Recalcitrante ● No Conocido

Estado de conservación de plantas (UICN)	El estado de conservación es uno de los criterios relevantes al momento de priorizar las especies a conservar ex situ. Sin embargo, para especies particulares, este normalmente es asignado en base a limitada fuente de información.	• Extinta • En Peligro de Extinción • Vulnerable • Insuficientemente Conocida • Fuera de Peligro
Forma de vida	Dar prioridad a una particular forma de vida tiene una gran influencia en la estrategia de muestreo, en las opciones de identificación y en la elección del material de recolección.	• Herbáceas • Arbustivas • Arbóreas
Rol ecológico	Se requiere un buen conocimiento de las especies - de plantas que componen una comunidad para establecer su rol y relaciones en el ecosistema (Ej. Fijadoras de nitrógeno, alimentación para animales en peligro de extinción).	• Especies pioneras (potencial para restauración de suelos perturbados) • Especies claves (“keystone species”) • Especies ecológicamente asociadas con especies raras o útiles • Especies dominantes
Origen	Esta información puede estar disponible en listas o - catálogos nacionales y bases de datos de flora.	• Plantas endémicas a una región • Plantas endémicas al país • Plantas nativas • Plantas introducidas
Unicidad taxonómica	Las familias o géneros monoespecíficos (con una sola especie) tienen alta prioridad, ya que, al desaparecer la especie, desaparece también un linaje evolutivo - de nivel superior.	• Familias monoespecíficas • Géneros monoespecíficos • Familias multiespecíficas • Géneros multiespecíficos
Uso actual o potencial	El conocimiento sobre el uso de plantas normalmente es mantenido por las comunidades locales o está disponible en publicaciones etnobotánicas o bases de datos institucionales. Las especies relacionadas con plantas cultivadas pueden tener un uso potencial.	• Uso actual reconocido • Uso potencial reconocido • Sin uso conocido

Nota. Adaptado de Gold et al (2004)

Figura 35

Diagrama de la etapa de identificación de especies

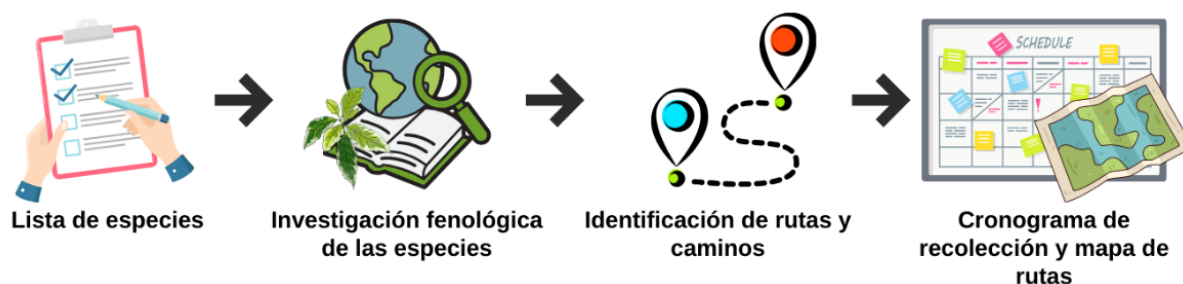


3.1.2.2. Determinación de la época de recolección

Esta etapa comienza con una búsqueda bibliográfica o consulta a un profesional experto en el ámbito acerca de la fenología y morfología de las especies seleccionadas. La recolección no se debe llevar a cabo al inicio de la floración, pues las semillas pueden que no estén maduras. La fenología de una especie generalmente varía cada año debido a las fluctuaciones del clima; por ende, se recomienda realizar un monitoreo (Gold et al. 2004). Por otro lado, es necesario conocer y establecer los senderos y las rutas que nos permitirán acceder a la zona de interés, así como estimar la fecha de recolección teniendo en cuenta los factores climáticos y geológicos de la zona. El trabajo con la comunidad aledaña facilita la obtención de información sobre la fenología y periodos de fructificación de las especies. Al final se tiene un cronograma de los periodos de recolección por especie y un mapa de los senderos y rutas más seguras (Sandoval Montenegro, 2016).

Figura 36

Diagrama de la etapa de determinación de la época de recolección

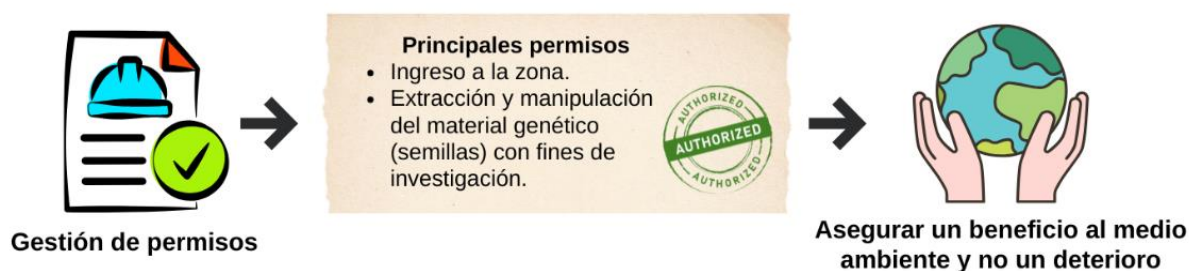


3.1.2.3. Gestión de permisos

En esta etapa se debe asegurar que los permisos y trámites correspondientes sean tramitados con las instituciones públicas encargadas de velar por la protección del área de interés. A partir de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) realizada en 1992, muchos países tienen iniciativas legales para regular el acceso a los recursos genéticos. Aunque la CDB definió un marco acordado internacionalmente para el manejo nacional de acceso a los recursos genéticos y participación en beneficios, al final dependerá de cada normativa y legislación nacional el cómo gestionar el acceso a los recursos. También se vinieron implementando normativas locales, por lo que constantemente se debe estar actualizando el conocimiento a los líderes de las comunidades a través de los organismos públicos competentes u organizaciones para tramitar los permisos necesarios (Di Sacco et al., 2020). En nuestro contexto nacional, los permisos están a cargo del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y generalmente están relacionados con el acceso a la zona de recolección, extracción del material genético, así como demostrar que las metodologías empleadas en la recolección de semillas contribuirán a la conservación de las especies de la zona, en lugar de representar una amenaza para las poblaciones y el medio ambiente.

Figura 37

Diagrama de la etapa de gestión de permisos



3.1.3.4. Preparación del material

Necesitamos conocer qué indumentaria vamos a necesitar para la recolección. Dentro del material a usar, se recomienda tener una guía de campo, la cual debe incluir las rutas identificadas, los sitios de exploración, los puntos exactos de recolección y los materiales y equipos para el desarrollo de la actividad. A continuación, se presenta el listado de materiales requeridos para las colectas en campo.

Tabla 18

Preparación de materiales, insumos y equipos

Actividad	Material	Cantidad sugerida
Navegación	Mapa (fotocopias)	1 set por grupo
	GPS	1 por grupo
	Termohigrómetro	1 por grupo
Primeros auxilios y seguridad	Botiquín	1 por grupo
	Botellas de agua	La necesaria para cada persona
Identificación de plantas	Guías de flora	1 colección/juego por grupo
	Lupa (10x, 20x)	Cada persona
	Cinta métrica	1 o 2 por grupo

Recolección de semillas y etiquetado	Binoculares	1 o 2 por grupo
	Tijeras podadoras	Cada persona
	Tijeras extensoras	1 por grupo
	Plumón indeleble	Cada persona
	Guantes	Cada persona
	Baldes + cinturón o cuerda para amarrarlo a la cintura	Cada persona
	Bolsas de tela: grandes medianas y pequeñas	10 de cada una por grupo
	Bolsas de papel: grandes y medianas	10 de cada una por grupo
	Bolsas plásticas: grandes, medianas y pequeñas	5 de cada una por grupo
Recolección de datos	Cuadernos de campo	1 por grupo
	Etiquetas	10 de cada una por grupo
	Ficha de preevaluación previo a la recolección	20 por grupo
	Ficha de recolección	20 por grupo
Transporte y manejo post recolección	Cámara fotográfica	1 por grupo
	Cuaderno de campo + lápiz de grafito	Cada persona
	Cooler	1 por grupo
	Cinta adhesiva	1 por grupo
Otros materiales	Cuerda	1 por grupo
	Pala y picota	1 por grupo

Fuente. Adaptado de Sandoval Montenegro, (2016).

Figura 38

Diagrama de la etapa de preparación del material



3.1.3.5. Identificación del estado y cantidad de semillas

Para tener un mejor conocimiento del estado y la cantidad necesaria de semillas a recolectar, se puede hacer uso del conocimiento tradicional de la población involucrada, la cual generalmente posee un gran conocimiento específico de la especie, reconociendo fácilmente en qué fase se encuentra, aunque también se puede identificar en base a la opinión de un experto en botánica. No obstante, es posible guiarse por la morfología de los frutos y semillas y la forma de dispersión natural, así como también por la estética de la semilla a primera vista. A continuación, se presenta el número mínimo de semillas que se deben colectar según el uso potencial que se les dará.

Tabla 19

Numero de semillas y uso potencial

Numero de semillas	Uso potencial
300	Conservación a corto plazo y para muestrario.

500	Cantidad mínima para conservación, y para llegar a establecer una población representativa de la población original
1000	Para desarrollar protocolos efectivos de germinación.
2000	Para monitoreo de variabilidad de la muestra conservada a largo plazo (sobre 100 años)
5000	Para duplicado de la accesión en un segundo banco de semillas
10000	Para distribución de pequeñas muestras para fines de investigación o para multiplicación y posterior reintroducción del material.
20000	Para distribución de grandes muestras para propagación y posterior restauración.

Fuente. Sandoval Montenegro, (2016).

Figura 39

Diagrama de la etapa de identificación del estado y cantidad de semillas



3.1.3.6. Establecimiento de las técnicas de recolección

El proceso de selección de la técnica dependerá específicamente de la especie de interés, su fenología y del tipo y forma de dispersión. Entre las técnicas de recolección más útiles están:

- **Trozar ramas con frutos:** Esta técnica se basa en realizar el trozado o corte de grupos de frutos o racimos mediante el uso de herramientas como tijeras, navajas o machetes. Es importante realizar una buena inspección del material colectado para eliminar frutos que no presentan el grado de madurez deseado y material que presente daños. Sin embargo, este método no es el más recomendado, puesto que al realizar cortes a la planta se facilita el ingreso de hongos o insectos y otros patógenos a la especie a través del área cortada.
- **Sacudir las ramas para desprender el material vegetal:** Esta técnica es una de las más eficientes de recolección, pues los frutos o semillas que se encuentren en la fase de dispersión natural se desprenderán con facilidad. Sin embargo, el material vegetal que se encuentre en una fase de inmadurez no se separará de las ramas, por lo que se recomienda no sacudir con demasiada fuerza. Por otro lado, para evitar que las semillas maduras caigan al piso, se puede colocar un fragmento de tela bajo los árboles, y luego agitar las ramas. Este método también se emplea para colectar semillas de herbáceas cuando está presente una proporción considerable de material en la fase de dispersión natural (Rao et al., 2007).
- **Colectar del suelo:** Realizar la colecta de semillas que se encuentren en el suelo, resulta ser una técnica fácil y viable para realizar procesos de conservación y restauración ecológica. Sin embargo, este método tiene algunas desventajas, como la posibilidad de que el material recolectado se encuentre deteriorado por el ataque de hongos, insectos o patógenos. Por lo que se recomienda: realizar una revisión exhaustiva del material colectado, desechando las semillas que presenten deterioro en su color y textura (Di Sacco et al., 2020).

Figura 40

Diagrama de la etapa de establecimiento de las técnicas de recolección



3.2. Fase de ejecución

La fase de ejecución se compone de una revisión bibliográfica de todos los procedimientos necesarios para asegurar una adecuada y exitosa conservación de las semillas desde que ingresan al banco de semillas hasta la etapa de germinación. Para ello, se utilizaron el Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres, Royal Botanic Gardens, publicado por Di Sacco et al., (2020), y el Manual *Forest seed handling: From collection to planting* publicado por Schmidt, L. (2007), el Manual para el análisis físico y biológico de semillas forestales publicado por Antonio Bautista et al., (2020) y con la investigación titulada *Cleaning, Processing, Drying, and Storing Orthodox Seeds* hecha por Walters et al., (2020). Asimismo, se utilizaron las tesis de Abad Criollo, (2012) y Sandoval Montenegro, (2016), las cuales aportan y especifican desde un punto experimental los procedimientos para la conservación de semillas.

3.2.1. Descripción de los procedimientos

3.2.1.1. Recolección

La etapa de recolección es la primera de la fase de ejecución y una de las más determinantes en la gestión de semillas dentro de un banco. Según el Manual de Kew, la recolección debe realizarse siguiendo criterios metodológicos específicos, los cuales deben asegurar una representación adecuada de la diversidad genética de la población silvestre, así

como respetar los principios de sostenibilidad ecológica y evitando impactos negativos sobre las especies y sus ecosistemas (Di Sacco et al., 2020; Schmidt, 2007).

3.2.1.2. Transporte

La segunda etapa es el transporte, actividad que ocurre inmediatamente posterior a la recolección. Durante este proceso, el objetivo principal es mantener las semillas en óptimas condiciones para su posterior caracterización y almacenamiento, evitando la acumulación de humedad, la fermentación y la proliferación de hongos (Di Sacco et al., 2020; Schmidt, 2007).

3.2.1.3. Selección

Una vez las semillas llegan al banco de semillas, pasamos a la etapa de selección, cuyo objetivo es seleccionar y clasificar el material recolectado para asegurar que únicamente las semillas con mayor viabilidad, sanidad y calidad fisiológica continúen hacia las siguientes fases del procedimiento (Di Sacco et al., 2020; Bautista et al., 2020).

3.2.1.4. Limpieza

La limpieza constituye la cuarta etapa y la más importante de todo el ciclo, ya que permite separar el material vegetal residual que quedó pegado en la semilla y obtener un lote homogéneo y libre de impurezas, favoreciendo las etapas tanto del secado como del almacenamiento a largo plazo. Según Di Sacco et al. (2020), la limpieza adecuada minimiza la presencia de estructuras que podrían incrementar la humedad de la semilla, servir como reservorio de patógenos o interferir con la conservación en cámaras frías y de congelación (Schmidt, 2007).

3.2.1.5. Dsecación

La desecación es la quinta etapa y una de las más importantes para la conservación de las semillas, la cual consiste en reducir el contenido de humedad de la semilla hasta niveles

seguros, los cuales permiten disminuir la actividad metabólica, ralentizar los procesos de deterioro y prevenir el crecimiento de microorganismos (Walters et al., 2020; Schmidt, 2007).

3.2.1.6. Envasado

Después de tener las semillas limpias y secas, se pasa a la sexta etapa, llamada envasado; este tiene como fin resguardar el germoplasma limpiado y desecado en recipientes adecuados que garanticen su protección frente a factores ambientales, contaminación y fluctuaciones de temperatura y humedad (Walters et al., 2020). En palabras de Di Sacco et al. (2020), el objetivo principal del envasado es crear una barrera física y hermética que impida la entrada de aire húmedo, microorganismos o partículas que puedan afectar la viabilidad de las semillas.

3.2.1.7. Registro

El registro constituye la séptima etapa; esta tiene como fin garantizar la trazabilidad, organización y control sistemático del material genético. Según el *Manual de Kew*, el registro adecuado es un componente esencial de la conservación ex situ, debido a que permite gestionar la información genética, facilitando la planificación de futuras actividades de regeneración, monitoreo y distribución (Di Sacco et al., 2020; Schmidt, 2007).

3.2.1.8. Almacenamiento

El almacenamiento es la última fase de este proceso de gestión de las semillas y constituye el eje central de la conservación ex situ. Su propósito es preservar la viabilidad y la integridad genética de las semillas durante periodos determinados, bajo condiciones ambientales controladas que minimicen el deterioro fisiológico (Walters et al., 2020; Di Sacco et al., 2020).

3.2.1.9. Germinación

La etapa de germinación es una fase extra pero esencial dentro del manejo de semillas en un banco de conservación, ya que responde a la pregunta: ¿Qué se hace con las semillas

después de almacenarlas?, permitiendo evaluar la viabilidad y estado fisiológico del germoplasma almacenado (Bautista et al., 2020). Por lo que, se puede considerar a esta etapa como un indicador biológico que valida si las etapas previamente mencionadas: recolección, limpieza, desecación y almacenamiento, fueron adecuadas. Según Di Sacco et al. (2020), las pruebas de germinación constituyen un mecanismo de control de calidad importante al momento de garantizar la sostenibilidad del material genético conservado.

3.2.2. Procedimientos

3.2.2.1. *Recolección*

Para realizar la recolección de semillas, se debe confirmar que las especies hayan alcanzado su madurez fisiológica y empiecen su etapa de fructificación, garantizando un contenido de reserva estable restante en la planta, menor sensibilidad al daño y una mayor longevidad en el almacenamiento. Para determinar este punto, se deben considerar indicadores como el cambio de color en frutos y semillas, la facilidad de desprendimiento que posee la planta, el sonido al agitar frutos secos y la consistencia del tejido. Asimismo, el personal debe tener en cuenta el tipo de fruto (carnoso, seco, dehiscente, indehiscente), ya que cada uno demandará técnicas de colecta específicas y tiempos óptimos distintos (Rao et al., 2007).

El procedimiento debe realizarse preferentemente en horas de menor humedad atmosférica, evitando la presencia de rocío o posibles lluvias, debido a que el exceso de humedad eleva la actividad metabólica y favorece la proliferación microbiana, lo que reduce significativamente su viabilidad y uso posterior. El Manual de Kew recomienda que, en el caso de recolectar especies cuyos frutos son propensos a abrirse de forma natural, la colecta debe realizarse antes de la dispersión para evitar pérdidas significativas de material viable por contaminación biológica al momento de caer al suelo (Di Sacco et al., 2020).

Según el manual publicado por Bioversity International, se debe recolectar material de un número adecuado de individuos separados espacialmente, incluso si son de la misma especie, es decir, evitar tomar todas las semillas de un mismo árbol para prevenir cuellos de botella genéticos y asegurar que el banco de semillas conserve la mayor variabilidad posible (Schmidt, 2007). También se debe evitar recolectar semillas de individuos enfermos, parasitados o con claros signos de deterioro fisiológico, ya que estos pueden introducir agentes patógenos al sistema de conservación.

Asimismo, menciona que el material recolectado debe colocarse inmediatamente en contenedores como bolsas de papel, bolsas de tela o recipientes ventilados; sin embargo, recomienda evitar completamente las bolsas plásticas selladas debido a un posible riesgo de condensación interna y fermentación (Rao et al., 2007). Cada unidad recolectada debe etiquetarse y rotularse llenando una pequeña ficha de registro como la que se muestra en el Anexo 2. Esta información será fundamental para la trazabilidad dentro del banco.

Figura 41

Diagrama de la etapa de recolección



3.2.2.2. Transporte

Según el Manual de Kew, el transporte debe realizarse lo más pronto posible desde la zona de recolección hasta la llegada al banco de semillas, garantizando que las muestras no permanezcan expuestas a condiciones como el calor, la radiación solar ni a espacios que puedan

acelerar su deterioro. Las semillas deben conservarse tan frescas como sea posible durante el transporte (Di Sacco et al., 2020).

Por lo que recomienda que las semillas recolectadas sean trasladadas en recipientes permeables, como coolers o cajas ventiladas, los cuales permiten la circulación del aire y reducen la acumulación de humedad interna. Schmidt (2007) resalta que, incluso en trasladados de corta duración, la falta de ventilación incrementa significativamente el riesgo de daño fisiológico y una posterior pérdida de viabilidad.

Durante el transporte de las muestras, estas deben mantenerse separadas y adecuadamente identificadas mediante fichas de registro, evitando confusiones y mezclas indebidas al momento de la caracterización y almacenamiento.

Agregado a esto, se recomienda seguir las normas éticas y de bioseguridad. Cómo evitar la contaminación cruzada entre muestras, asegurarse de que los contenedores estén limpios y desinfectados, y transportar las semillas en un vehículo a una velocidad intermedia para evitar golpes o aplastamientos (Walters et al., 2020).

Figura 42

Diagrama de la etapa de transporte



3.2.2.3. Selección

Según el Manual de Kew, la selección inicia con una pre-limpieza, es decir, la eliminación de estructuras no deseadas provenientes del campo, como restos de hojas, ramas,

frutos inmaduros, dañados o contaminados, como las semillas afectadas por plagas, hongos o deterioro mecánico. Para ello, se realiza una separación inicial que puede ser manual o mecánica, dependiendo del tipo y cantidad de semillas (Di Sacco et al., 2020).

Seguidamente, se realiza una inspección visual del lote de semillas, donde se evalúan aspectos como el estado de madurez, la uniformidad, el color, el tamaño y firmeza. Se recomienda que las semillas estén fisiológicamente maduras, ya que su recolección temprana puede resultar en una baja viabilidad, inmadurez embrionaria y menor tolerancia al secado (Bautista et al., 2020). Asimismo, en el caso de que existan semillas muy pequeñas, las lupas estereoscópicas pueden ser empleadas para identificar las semillas dañadas, quebradas o deformadas, las cuales deben ser descartadas para asegurar la calidad final.

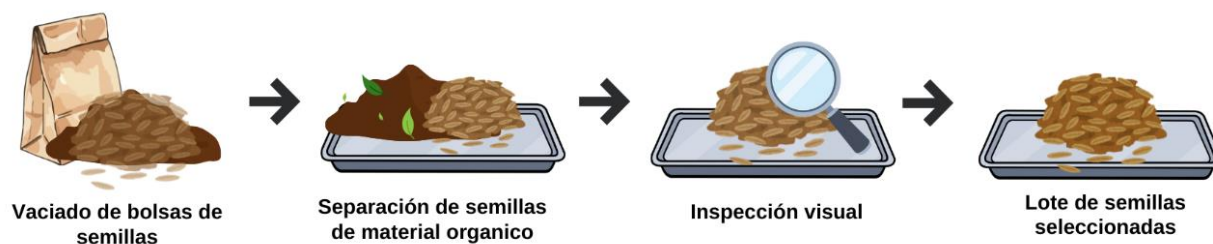
Según Di Sacco et al. (2020), la presencia de semillas deterioradas en un lote de semillas durante el tratamiento no solo afecta su calidad, sino también la de las semillas sanas, ya que estas pueden actuar como una fuente de contaminación biológica o aumentar la humedad interna del contenedor, acelerando su degradación.

Generalmente, en este proceso se hace uso de bandejas, cribas, coladores, tamices, pinzas o lupas estereoscópicas, las cuales permiten separar con mayor precisión los individuos de buena calidad. Asimismo, Schmidt (2007) señala que, en caso de que el lote de semillas sea grande, se pueden emplear cribas, ventiladores o mesas de separación.

El Manual de Kew resalta la importancia de tener identificado cada sub-lote para estudios futuros, como análisis de variabilidad, pruebas de germinación o monitoreos de longevidad (Di Sacco et al., 2020). También, resalta que el personal debe seguir normas estrictas de higiene y trazabilidad al momento de manipular el germoplasma. Finalmente, las semillas que pasan esta etapa constituyen el lote final, apto para pasar a las siguientes etapas.

Figura 43

Diagrama de la etapa de selección



3.2.2.4. Limpieza

A diferencia de la anterior, la etapa de limpieza es más profunda y aplica una desinfección, iniciando con la eliminación de restos de suciedad de la semilla, tales como restos de tierra, haciendo uso de cepillos especiales y pinzas. Permitiendo diferenciar de una mejor manera las características físicas de las semillas, como el peso, tamaño y forma.

Generalmente, al momento de realizar esta limpieza, las semillas viables tienden a separarse naturalmente de sus estructuras livianas como semillas vacías, cascarillas o fragmentos del fruto en caso de ser bayas o cápsulas. Esto aumenta la pureza del lote y facilita etapas posteriores del procedimiento (Rao et al., 2007).

De manera opcional, se puede realizar una limpieza superficial de las semillas con agua destilada con el fin de terminar de limpiar restos de suciedad y cualquier tipo de impurezas. No obstante, Di Sacco et al. (2020) recalcan que este método debe aplicarse con extremo control y en pocas cantidades, ya que el agua destilada incrementará la humedad del lote y puede acelerar el deterioro si las semillas no se secan de inmediato bajo condiciones controladas.

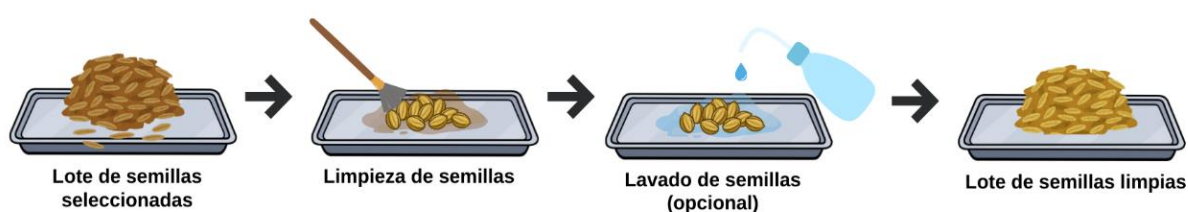
La limpieza también cumple una función preventiva, pues contribuye a eliminar posibles fuentes de infección fúngica o bacteriana. Schmidt (2007) recomienda que es importante tener limpio y desinfectado todo el material de laboratorio a usar, evitando cualquier

proliferación y actividad microbiana. Por esta razón, todo el material contaminado, en mal estado o con evidencia de plagas debe ser separado, desinfectado o desechado.

El resultado del proceso de limpieza es un lote de semillas uniforme, compuesto únicamente por semillas sanas, limpias y fisiológicamente aptas.

Figura 44

Diagrama de la etapa de limpieza



3.2.2.5. Dsecación

Es importante destacar que esta etapa se debe aplicar únicamente en semillas clasificadas como ortodoxas e intermedias. Debido a que, además de soportar los cambios de temperatura y humedad, pueden soportar el almacenamiento a mediano y largo plazo (Walters et al., 2020).

Según el Manual de Kew, la mayoría de las semillas ortodoxas e intermedias necesitan disminuir su humedad interna, pero esto se realiza dependiendo de la especie. Cuando se alcanzan estos niveles, la respiración y las reacciones enzimáticas disminuyen, lo que prolonga significativamente la vida útil del germoplasma incluso durante décadas bajo las adecuadas condiciones de almacenamiento (Schmidt, 2007).

El proceso de desecación puede realizarse mediante diferentes técnicas. No obstante, la más común es el secado activo; esta técnica emplea cámaras o habitaciones equipadas con

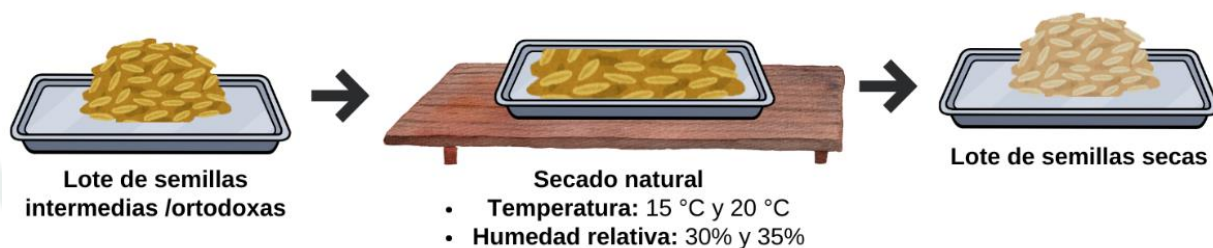
deshumidificadores, circulación de aire y control térmico. Mientras que el pasivo hace uso del movimiento natural del aire y la radiación solar para eliminar la humedad (Rao et al., 2007).

- **Desecación en semillas intermedias:**

Las semillas se extienden en bandejas o mallas para maximizar el flujo de aire y evitar la retención de humedad, y se dejan secando naturalmente por unas horas. Abad Criollo, (2012) recomienda mantener la temperatura de desecación entre los 15 °C y 20 °C, junto con humedad relativa entre los 30 y 35% para evitar daños fisiológicos y lograr un secado progresivo y seguro. El proceso puede durar entre uno o dos días, dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente (Rao et al., 2007). Ahora bien, este tratamiento también se puede aplicar a semillas ortodoxas, pero el tiempo de desecación se aumentará.

Figura 45

Diagrama de la etapa de desecación en semillas intermedias

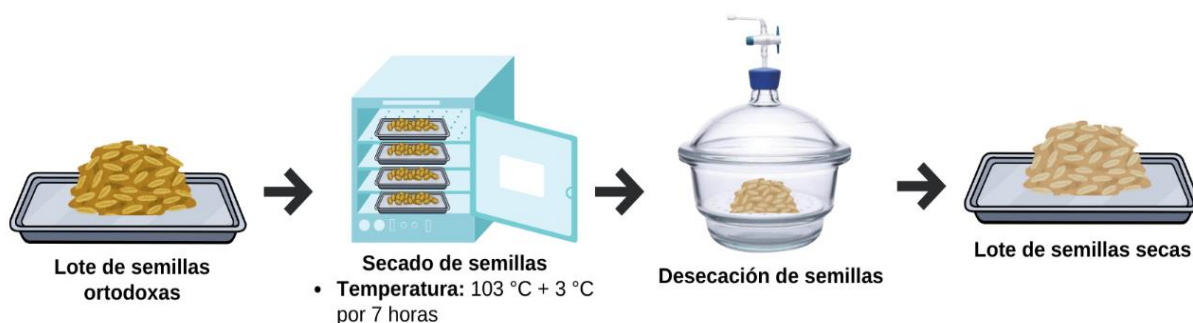


- **Desecación en semillas ortodoxas:**

Bautista et al., (2020) emplean un método más simple por medio de una estufa u horno de secado, las semillas se extienden en bandejas y se introducen en el equipo marcando una temperatura de 130°C + 1°C por un periodo de cuatro horas. Después de que pase el tiempo, las semillas se colocan en un desecador que contenga sales de sílice por un lapso de 20 minutos.

Figura 46

Diagrama de la etapa de desecación de semillas ortodoxas



Previamente a esto, recomienda que se debe realizar el pesado de las semillas antes y después de la desecación con el objetivo de conocer el contenido de humedad y evaluar la calidad del secado. Se aplica la siguiente fórmula recomendada por Bautista et al., (2020).

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{(M2 - M1) - (M3 - M1)}{(M2 - M1)} \times 100$$

Donde:

M1: Peso del recipiente

M2: Peso del recipiente + semilla húmeda

M3: Peso del recipiente + semilla seca

Sin embargo, Sandoval Montenegro, (2016) resalta que, en ambos casos de desecación, la humedad restante después del proceso de desecación no debe estar por encima de los límites recomendados para un almacenamiento seguro, el cual oscila entre 3-7%.

En casos donde la humedad del ambiente sea elevada, se pueden utilizar desecantes químicos como gel de sílice, sales higroscópicas o tamices moleculares, los cuales absorben el exceso de agua de la semilla. Este método es bastante útil cuando se trabaja con pequeñas cantidades o para lotes reducidos empleados en investigación.

Sin embargo, durante la desecación, las semillas deben ser revisadas periódicamente para evitar un posible sobresecado, fenómeno que puede generar daño estructural en embriones sensibles o provocar fragilidad excesiva del tegumento. Schmidt (2007) menciona que algunas especies, especialmente semillas provenientes de zonas tropicales o con alto contenido lipídico, pueden experimentar estrés si el secado es muy rápido, por lo que se recomienda una reducción gradual de la humedad. Incluso para semillas intermedias, las cuales son parcialmente tolerantes al desecado.

Abad Criollo, (2012) también resalta la importancia de verificar el contenido de humedad de los lotes de semillas posterior a la desecación, usando medidores de humedad, asegurando que cada lote no se haya secado completamente, independientemente del tipo de semilla, ya que siempre debe quedar un porcentaje de humedad. Una vez cumplan con este requisito, las semillas deben transferirse inmediatamente al área de envasado para evitar la reabsorción de humedad del ambiente.

Figura 47

Diagrama de la etapa de desecación



3.2.2.6. Envasado

Durante esta etapa, una de las principales consideraciones a tener en cuenta para él es el uso del tipo de contenedor que se va a emplear, el cual dependerá del tipo de semilla a envasar.

- **Tipo de envase para semillas ortodoxas**

Para este tipo de semillas se pueden ocupar recipientes herméticos y de baja permeabilidad, tales como frascos o tubos de vidrio con tapa o bolsas trilaminadas (aluminio–polietileno–polipropileno). Estos envases poseen la característica de reducir significativamente el intercambio de humedad con el ambiente y son ampliamente recomendados por los estándares internacionales de conservación ex situ (Rao et al., 2007).

Una vez que se haya seleccionado el envase y se hayan introducido las semillas, se procede al sellado, el cual dependerá del tipo de recipiente usado. Por ejemplo, para las bolsas trilaminadas se hace uso de termoselladoras; para los recipientes con tapas de rosca se usan bandas de seguridad, tapones reforzados o cierre al vacío. Cabe destacar que, después de haber sellado el contenedor, este mismo debe ser probado mediante inspección visual y física (Di Sacco et al., 2020).

- **Tipo de envase para semillas intermedias**

Para este tipo de semillas se pueden ocupar bolsas de polietileno (PE) gruesas, las cuales ofrecen una buena barrera contra el vapor, manteniendo una humedad moderada de la semilla. Además, se pueden usar frascos o tubos de vidrio, pero con un sellado blando (Rao et al., 2007).

- **Tipo de envase para semillas recalcitrantes**

Para este tipo de semillas se pueden usar bolsas de polietileno (PE) gruesas, las cuales, al ser semipermeables a los gases permiten su respiración y mantienen una alta humedad. También se pueden usar contenedores plásticos con cierre no hermético, permitiendo un intercambio de gases y manteniendo una humedad adecuada.

Schmidt (2007) destaca que el uso de envase inadecuado constituye uno de los principales problemas que comprometen la longevidad de las semillas, ya que incluso una pequeña infiltración puede provocar reabsorción de humedad por parte de las semillas y acelerar el deterioro de estas, así como también, en lo opuesto, al no tener la suficiente cantidad de

humedad, puede hacer que la semilla se seque y muera. No obstante, antes de pasar al envasado, es indispensable verificar que las semillas hayan alcanzado el contenido de humedad óptimo por parte del proceso de desecación. Por esta razón, el Manual de Kew recomienda que las semillas pasen por una preinspección visual y, si es necesario, por un periodo adicional de desecación antes de ser envasadas junto con el pesado del contenedor lleno (Di Sacco et al., 2020).

Durante el envasado, los recipientes se deben llenar dejando un espacio considerable libre, permitiendo la manipulación posterior y evitando una compactación excesiva de las semillas. Asimismo, es importante que los envases estén previamente desinfectados y completamente secos, con el fin de prevenir una introducción accidental de humedad o patógenos (Walters et al., 2020). Agregado a esto, se deben incluir etiquetas, las cuales deben estar pegadas al contenedor con información crucial como la que presenta la Tabla 20, la cual se muestra a continuación:

Tabla 20

Plantilla de ficha de registro de semillas

Código de Lote	Información Básica	Observaciones
CC-ARBUS/ARBO-Nombre de la especie-Nº de lote	Nombre Común:	Fecha de Procesamiento:
	Nombre Científico:	
	Tipo de planta de origen:	Lugar de Almacenamiento:
	• Arbórea () • Arbustiva ()	• Cámara de Congelación () • Cámara fría () • Cámara de Germinación ()
	Tipo de semilla: • Ortodoxa () • Intermedia () • Recalcitrante ()	Peso: Contenido de Humedad:

Schmidt (2007) comenta que los envases uniformes permitirán una mejor distribución y orden en las estanterías dentro de la cámara de almacenamiento. Adicionalmente, recomienda el uso de códigos QR o sistemas de etiquetado digital, esto con el fin de fortalecer la gestión del inventario.

Figura 48

Diagrama de la etapa de envasado



3.2.2.7. Registro

Esta etapa inicia después de haber envasado los contenedores con el material genético, comprendiendo el rotulado de los contenedores haciendo uso de la ficha presentada anteriormente y el registro de datos técnicos asociados a cada lote en documentos, los cuales serán almacenados en una sala de documentación. Di Sacco et al. (2020) resaltan que esta información es indispensable no solo para la gestión interna, sino también para asegurar el uso futuro del germoplasma y evitar confusiones.

Para el registro, los bancos de semillas modernos utilizan sistemas digitales como hojas de cálculo, bases de datos especializadas o incluso softwares de gestión de germoplasma, lo que permite una sistematización eficiente. De acuerdo con Schmidt (2007), una de las ventajas del registro digital es que facilita la recuperación rápida de información gracias a los respaldos, cosa contraria a los métodos de registro de datos tradicionales en los que se usan materiales de oficina como cuadernos, listas, entre otros.

Otro aspecto fundamental del registro es la actualización continua de los datos. Cada actividad posterior en la que se usen las semillas previamente registradas y almacenadas, como la germinación, regeneración, distribución o descarte, debe añadirse al registro, formando un historial completo del lote. Esto genera un expediente vivo que permite evaluar el ciclo de vida de la semilla a lo largo del tiempo, identificar problemas como patrones de deterioro y tomar decisiones rápidamente, evitando posibles pérdidas a futuro (Rao et al., 2007).

Por otro lado, se sugiere incluir etiquetas internas, las cuales deben ser impresas en materiales resistentes a la humedad, bajas temperaturas y manipulación constante, colocándose dentro del envase junto a las semillas. Así como también etiquetas con información general en los estantes correspondientes con el fin de ayudar con el orden y brindar una fácil ubicación. La calidad del banco depende directamente de la calidad de sus datos, ya que una semilla mal registrada equivale, en términos operativos, a una semilla perdida. (Di Sacco et al., 2020).

Figura 49

Diagrama de la etapa de registro



3.2.2.8. Almacenamiento

En esta etapa de almacenamiento se necesita controlar dos factores fundamentales: una baja temperatura y un bajo contenido de humedad; estos aportan sinérgicamente en la ralentización de los procesos metabólicos que conducen al envejecimiento de las semillas (Di

Sacco et al., 2020). Sin embargo, el tipo de almacenamiento dependerá del tipo de semilla con el que se esté trabajando.

- **Almacenamiento de semillas ortodoxas**

En el caso de las semillas ortodoxas, al ser tolerantes a los cambios bruscos de temperatura, como durante el proceso de desecación, su almacenamiento se realiza típicamente en cámaras de congelación a una temperatura a partir de los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para una conservación a largo plazo del material (Rao et al., 2007). Aunque, generalmente, se suele mantener a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Walters et al., 2020). Sin embargo, si se desea almacenar a mediano plazo, se pueden llevar a una cámara fría.

- **Almacenamiento de semillas intermedias**

Las semillas intermedias, al destacar por soportar cambios de temperaturas, más que las semillas recalcitrantes, pero no tanto como las ortodoxas, se almacenan en una cámara fría a una temperatura entre los $5\text{-}10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Almacenamiento de semillas recalcitrantes**

Por otro lado, las semillas recalcitrantes se caracterizan por no tolerar cambios bruscos de temperatura como el secado ni las bajas temperaturas, requiriendo de estrategias de almacenamiento específicas y rigurosas como la crioconservación (Rao et al., 2007).

Di Sacco et al. (2020) aclaran que estas semillas deben manejarse bajo protocolos específicos, ya que su fisiología necesitada de humedad impide un almacenamiento convencional. Por lo que recomiendan llevarlos a germinar inmediatamente después de pasar las etapas de limpieza y registro, ya que las cámaras de germinación, al replicar las condiciones de su lugar de origen, permiten una mejor conservación.

Schmidt (2007) indica que cada reducción de 5 °C en la temperatura duplica aproximadamente la vida útil de las semillas; por esta razón, los bancos de semillas modernos emplean sistemas de refrigeración estable y oscilante.

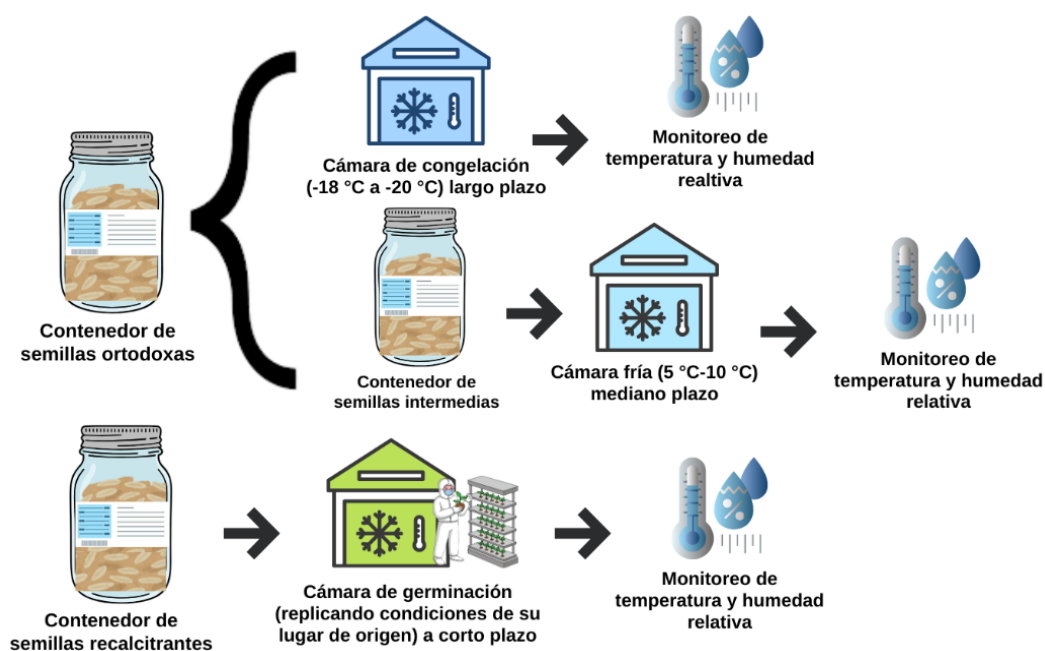
Una vez que los contenedores son llevados a almacenamiento, estos se colocan en estanterías metálicas o módulos organizados de acuerdo con criterios como especie, fecha de ingreso o nivel de prioridad, generalmente en orden alfabético. Esta disposición ordenada facilita la trazabilidad y la manipulación innecesaria por necesidad de identificación, evitando exposiciones accidentales a cambios bruscos de temperatura. Di Sacco et al. (2020) recomiendan que en la etapa de registro se realice la identificación exacta de cada lote, apoyándose en herramientas y softwares digitales.

Tanto la cámara fría, la de congelación, como la de germinación deben operar con sistemas de monitoreo continuo, los cuales deben registrar temperatura, humedad relativa y posibles fluctuaciones en intervalos de tiempo definidos. Se recomienda hacer uso de sensores de temperatura y humedad como un termohigrómetro, pero también revisiones periódicas a cargo del personal de laboratorio. Esto permitirá garantizar el cumplimiento de los estándares internacionales de conservación y tener información nueva y actualizada cada cierto tiempo.

No obstante, en caso de suceder fallas en el sistema eléctrico o que existan alteraciones inesperadas, se debe tener un sistema de alarma, el cual debe alertar al personal responsable, permitiendo la intervención inmediata para evitar pérdidas del germoplasma. Schmidt (2007) resalta que la estabilidad ambiental de los parámetros de humedad y temperatura son los más determinantes para asegurar una buena longevidad de las semillas en almacenamiento.

Figura 50

Diagrama de la etapa de registro



3.2.2.9. Germinación

La etapa de germinación comienza con la selección de un sub-lote representativo del lote almacenado. Este sub-lote suele comprender entre 10 y 100 semillas, dependiendo de la abundancia y tamaño del contenedor (Schmidt, 2007). Seguidamente, el contenedor con las semillas se somete a condiciones controladas en un cuarto de germinación, las cuales generalmente consideran factores como temperatura, humedad y luz. Estos mismos deben ser similares a las condiciones del bosque de *Polylepis* de Cacayaco. Di Sacco et al. (2020) respaldan esto último al señalar que esta replicación de las condiciones ecológicas y climáticas permite activar los mecanismos fisiológicos responsables del inicio de la germinación.

Es importante mencionar que, en algunos casos, es necesaria la aplicación de tratamientos pregerminativos con el fin de favorecer el crecimiento de la semilla. Estos tratamientos incluyen escarificación mecánica, tratamientos térmicos, remojo controlado o estratificación húmeda. Bautista et al., (2020) resalta que estos tratamientos son especialmente

relevantes en especies de zonas altoandinas, donde las semillas suelen presentar dormancia fisiológica o física asociada al ambiente donde se encuentran.

Una vez las semillas estén en las condiciones óptimas y sean sacadas del contenedor, deben ser inspeccionadas visualmente para descartar daños evidentes, deformaciones o signos de una posible infestación. Posteriormente, se debe realizar una limpieza de la semilla dependiendo del tipo.

- **Limpieza de semillas ortodoxas e intermedias**

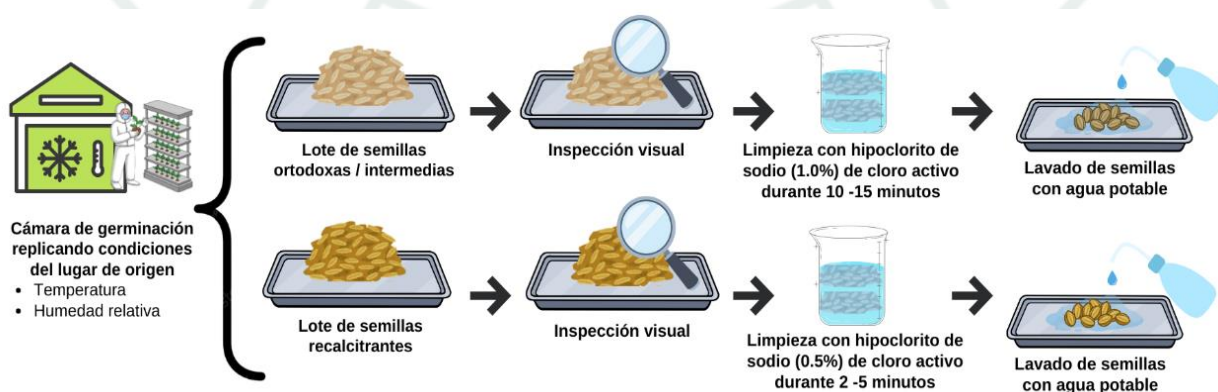
Para estos dos tipos de semillas, se debe sumergir el material genético en un vaso precipitado con hipoclorito de sodio a una concentración de 1.0% de cloro activo durante 10-15 minutos; luego se realiza una neutralización realizando 3 a 5 enjuagues con agua potable para quitar restos de cloro residual y eliminar su olor (Hernández et al., 2012).

- **Limpieza de semillas recalcitrantes**

Para semillas recalcitrantes se realiza el mismo procedimiento, pero con una concentración de hipoclorito de sodio entre el 0.25% y el 0.5% de cloro activo durante 2-5 minutos (Billard et al., 2014).

Figura 51

Diagrama de la limpieza pre-germinación de las semillas



Una vez establecidas las condiciones correctas para iniciar el proceso de germinación y las semillas estén limpias y desinfectadas, estas se distribuyen en contenedores como bandejas de semillero; el tamaño dependerá de la cantidad de especies que se desea hacer germinar.

Seguidamente, se aplica tierra mezclada con sustratos y un poco de agua. A continuación, las semillas son monitoreadas diariamente para registrar la aparición de radículas, el indicador de una germinación exitosa.

Al final de la prueba de germinación, o después de un mínimo de cuatro semanas hasta meses en caso de que las semillas sigan creciendo, se recomienda realizar un análisis del porcentaje y del tiempo de germinación utilizando las siguientes fórmulas de Salizar Valencia, (2017).

- **Fórmula porcentaje de germinación**

$$PG = \left(\frac{GA}{TS}\right) \times 100$$

Donde:

PG: Porcentaje de germinación (%)

GA: Germinación acumulada hasta el último día de evaluación.

TS: Total de semillas sembradas.

- **Formula tiempo de germinación**

$$TG = \left(\frac{GA}{TS}\right) \times 100$$

Donde:

TG: Tiempo de germinación (días).

GA: Inicio de la germinación.

TS: Periodo de germinación.

Además, se considera calcular el porcentaje de viabilidad, usando la metodología de Rao et al., 2007 en el que considera que la viabilidad de las semillas se expresa normalmente como el porcentaje de semillas vivas en una muestra determinada.

- **Fórmula porcentaje de viabilidad**

$$\text{PORCENTAJE DE VIABILIDAD} = \left(\frac{N_v}{N_t}\right) \times 100$$

Donde:

N_v: Número de semillas viables /vivas.

N_t: Número total de semillas evaluadas.

Asimismo, se recomienda que los datos, tanto de los resultados de las pruebas como del destino final de las plántulas, se integren al sistema de registro del banco para actualizar el historial de cada lote (Di Sacco et al. 2020).

Figura 52

Diagrama de la etapa de germinación



3.3. Diagramas de flujo

Figura 53

Diagrama de flujo de la fase de planificación

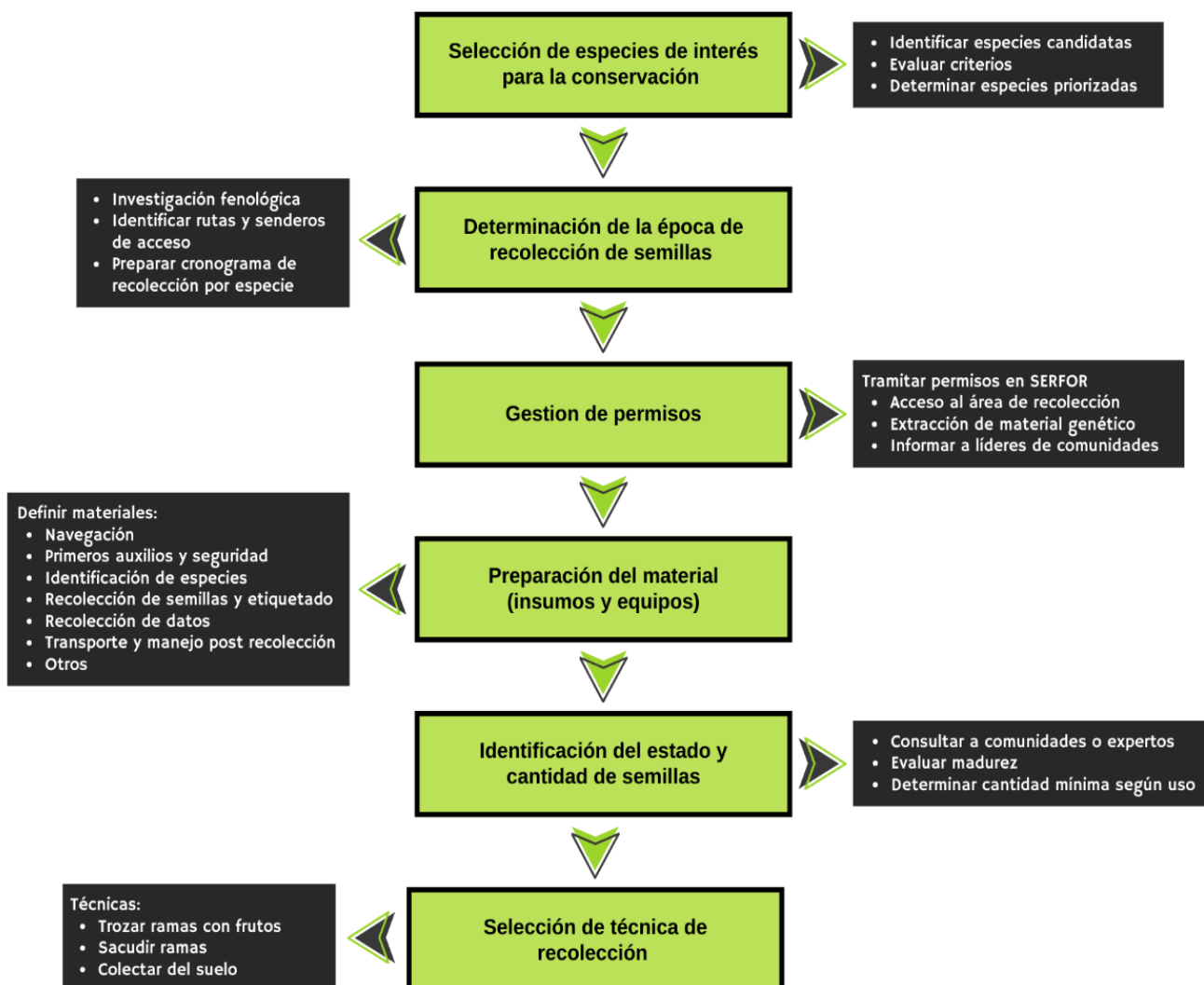
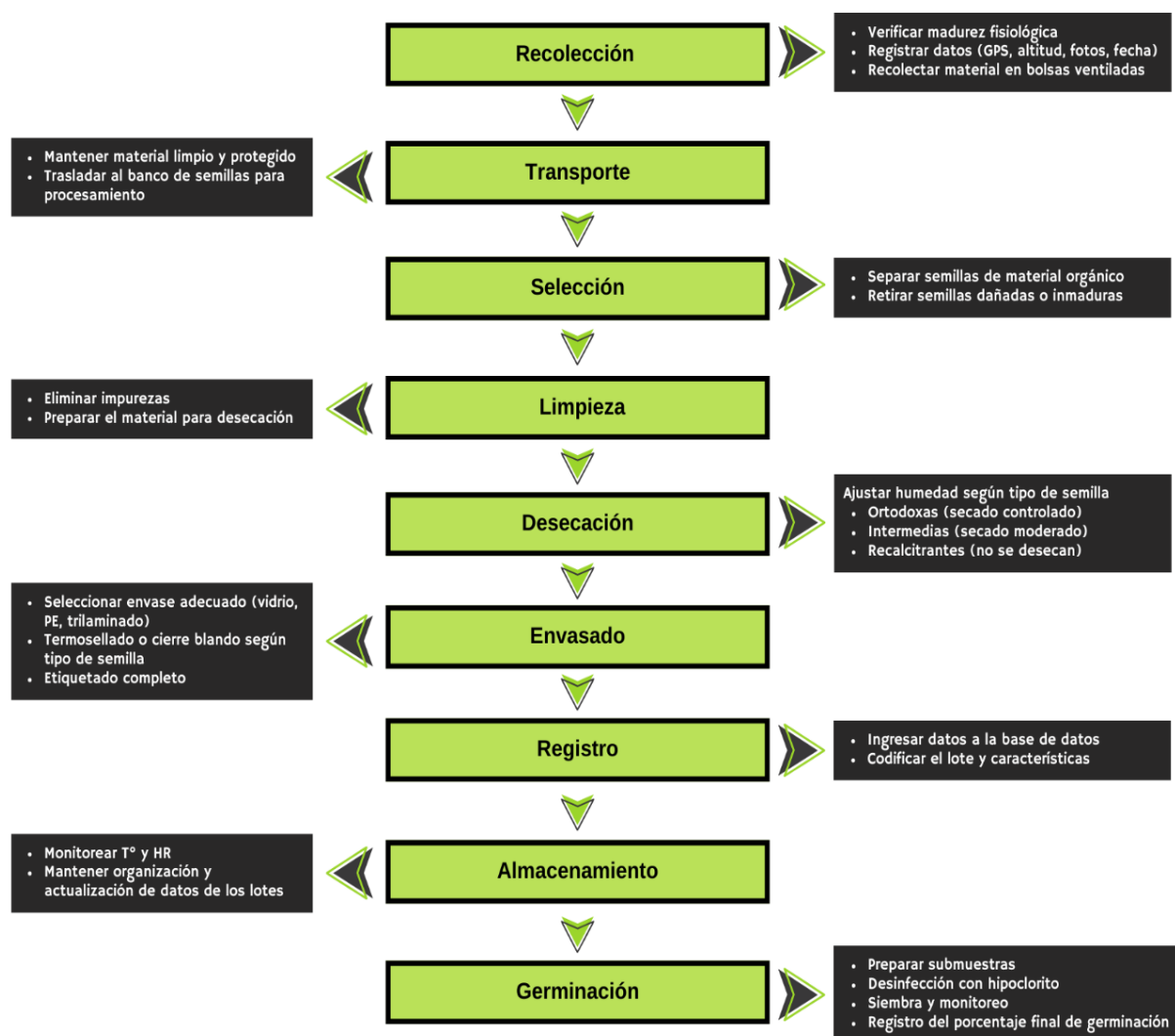


Figura 54

Diagrama de flujo de la fase de ejecución



4. Diseño del banco de semillas

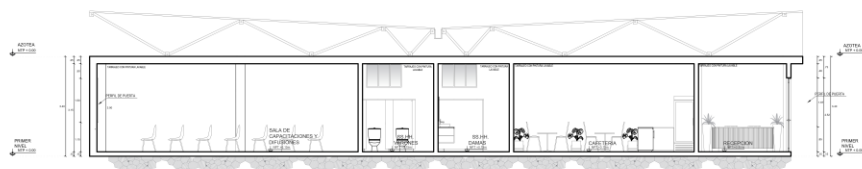
Se presenta el diseño arquitectónico y la logística del banco de semillas, considerando descripciones de las áreas y los planos de la infraestructura, haciendo uso de softwares como el AutoCAD y Sketch up.

Planos Banco de Semillas

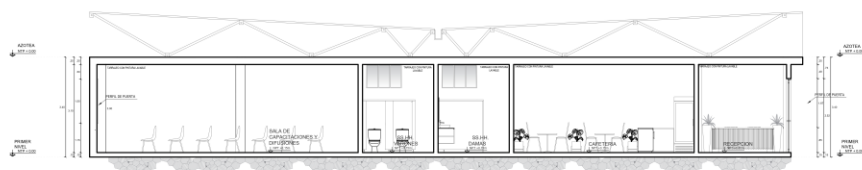




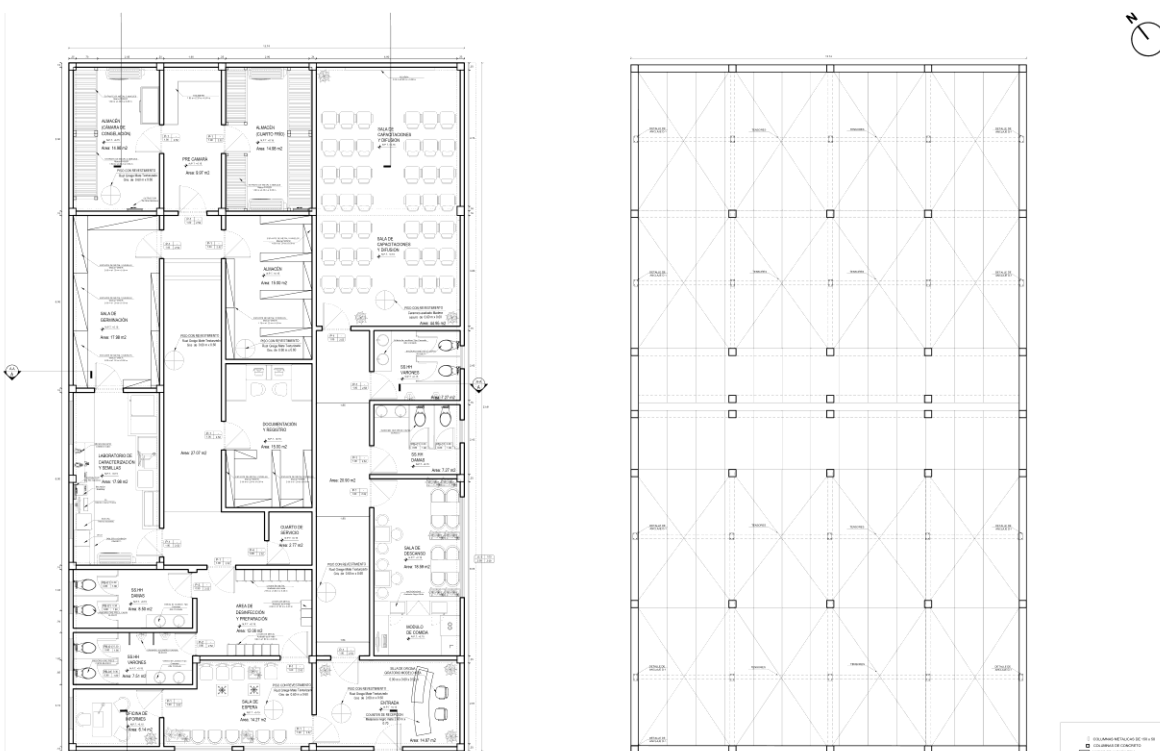
CORTE A-A



CORTE B-B
N.P.T.: INDICADO ESC: 1/50



CORTE C-C
N.P.T.: INDICADO ESC: 1/50



PRIMER NIVEL
N.P.T.: INDICADO ESC: 1/30

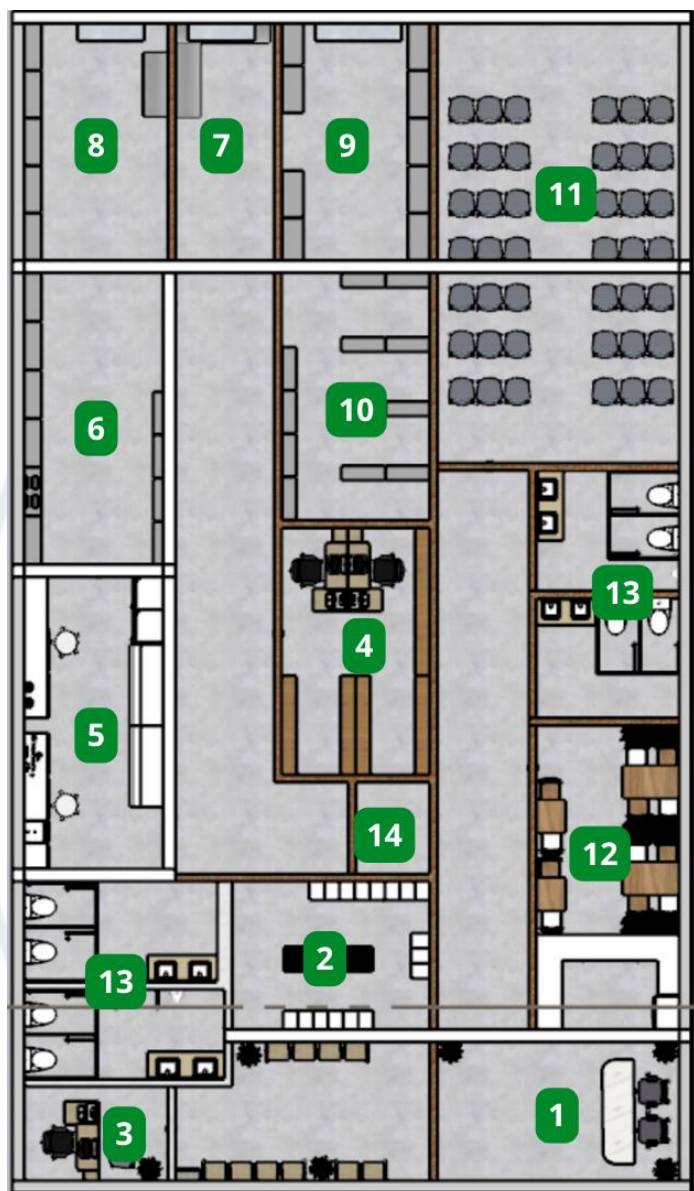
PLANTA DE TECHOS



4.2. Planos del Banco de Semillas en Sketch UP

Figura 56

Planos en Sketch Up



Leyenda

1. Área de recepción
2. Área de desinfección y preparación
3. Área de informes
4. Área de documentación y registro
5. Laboratorio de caracterización y limpieza
6. Cuarto de germinación
7. Pre-cámara
8. Cámara de congelación
9. Cámara fría
10. Área de almacenamiento
11. Área de capacitaciones
12. Sala de descanso
13. Servicios higiénicos
14. Cuarto del conserje

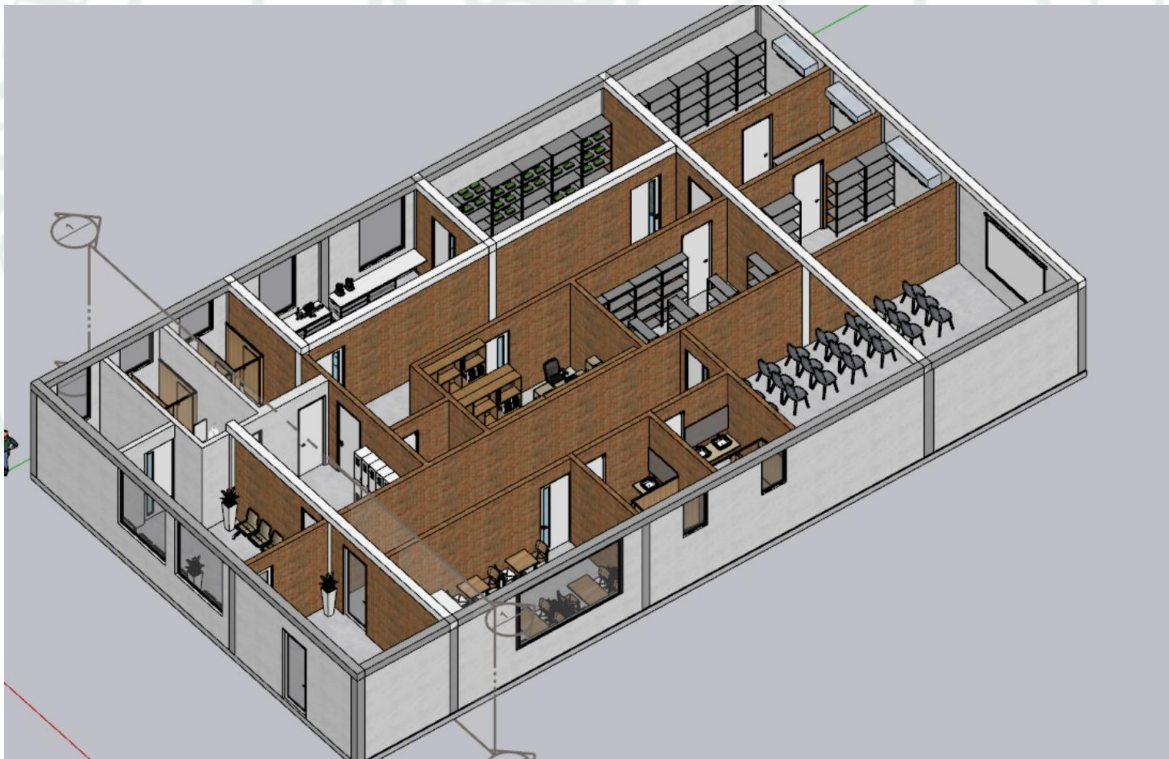
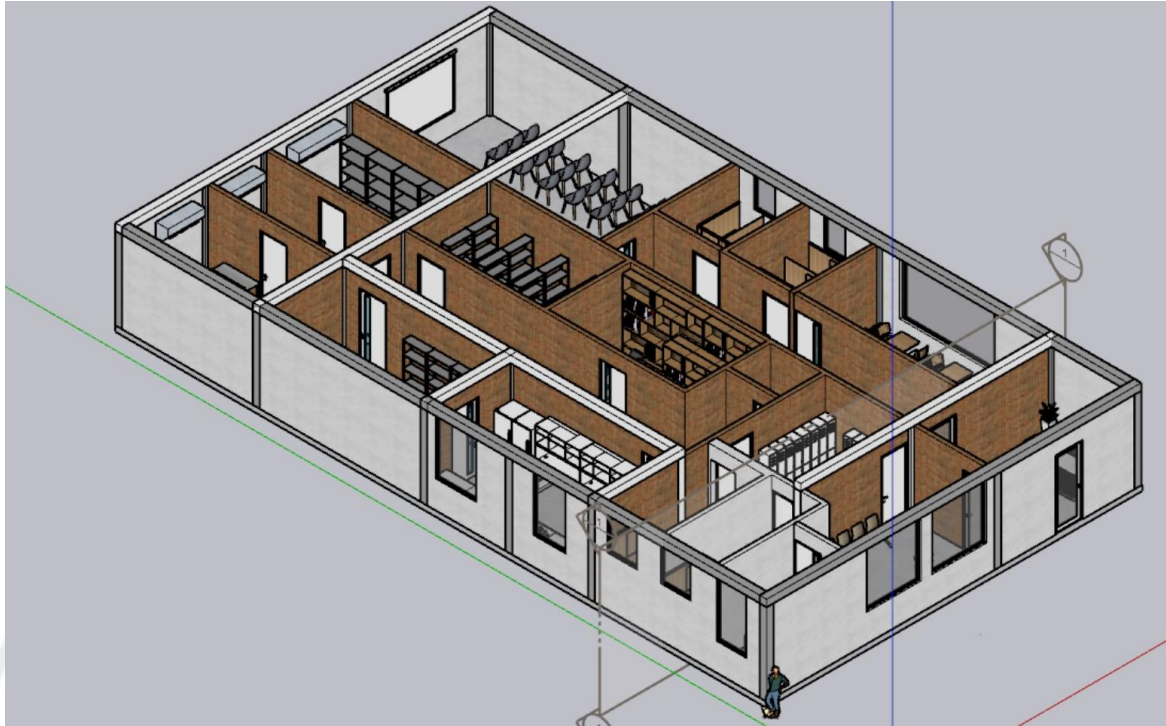


Figura 57

Vistas preliminares del banco de semillas- Sketch Up



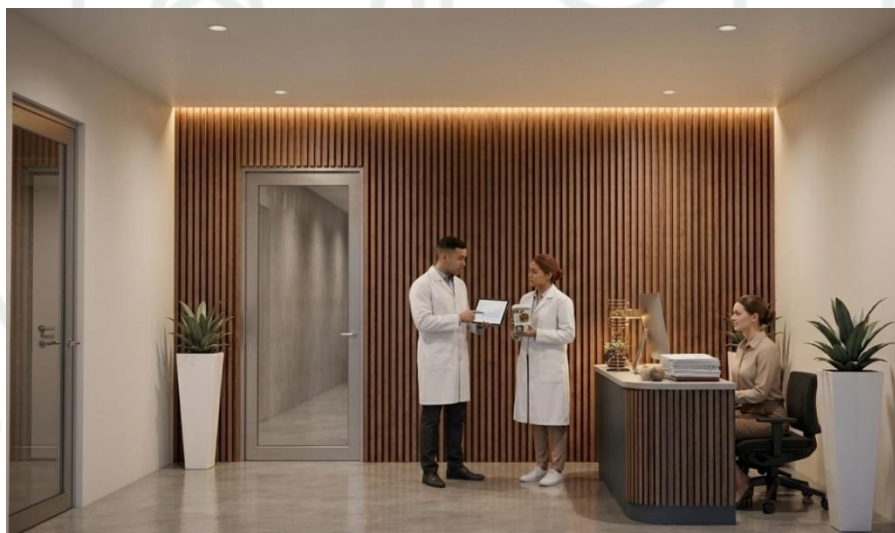
4.3. Descripción de Áreas

4.3.1. Área de recepción

El área de recepción es común en toda infraestructura pública. Este espacio funciona como una sala de espera destinada al ingreso ordenado del personal, visitantes, investigadores y sobre todo del material genético al banco de semillas. Asimismo, garantiza una correcta gestión del control de acceso, la verificación inicial de ingreso y la permanencia temporal mientras se autorizan las actividades internas que se desarrollen en el banco, evitando interrupciones en el desarrollo del trabajo en los laboratorios y manteniendo la organización del flujo interno de actividades (Moore Sierra, 2021).

Figura 58

Área de recepción – SketchUp



4.3.2. Área de desinfección y preparación

El área de desinfección y preparación es fundamental para reducir la carga microbiana y eliminar patógenos presentes en los trabajadores, visitantes e investigadores antes de su ingreso a áreas como laboratorios, cámaras y cuartos de almacenamiento de semillas. Su

implementación asegura la integridad sanitaria del germoplasma, minimiza riesgos de deterioro y contaminación del germoplasma y contribuye a la prolongación de su viabilidad.

Figura 59

Área de desinfección y preparación – SketchUp



4.3.3. Área de informes

El área de informes es clave en toda infraestructura que brinda servicios, sobre todo para un banco de semillas, cuyo objetivo es lograr la colaboración entre comunidades campesinas y entidades que velan por los ecosistemas altoandinos. Su implementación asegura un correcto orden y control de las personas, comunidades y entidades externas que deseen conocer, coordinar y/o trabajar en el banco de semillas, brindando la información necesaria.

Figura 60

Área de informes – SketchUp



4.3.4. Área de documentación y registro

La trazabilidad del material es un principio básico en todo tipo de gestión, incluso en el uso de recursos genéticos, por lo que un área destinada al registro sistemático es crucial para el manejo y control de la cantidad del germoplasma. En esta área se organizan los datos de procedencia, características morfológicas obtenidas del laboratorio, fecha de ingreso, tratamientos aplicados, codificación y disposición final, que varía entre el almacenamiento o el desecho por temas biológicos o sanitarios.

Figura 61

Área de documentación y registro – SketchUp



4.3.5. Laboratorio de caracterización y limpieza

Esta área es una de las más importantes dentro del banco de semillas; su fin es ejecutar todos los procedimientos que conllevan la caracterización de las semillas en base a métodos y protocolos internacionales, los cuales van desde su limpieza y desinfección hasta su cultivo y germinación, acompañado de su correspondiente documentación y registro. La caracterización es imprescindible para definir los métodos a seguir, basándose principalmente en el tipo de semillas (ortodoxa, recalcitrante o intermedia).

Figura 62

Laboratorio de caracterización y limpieza – SketchUp



4.3.6. Cuarto de germinación

Este espacio controlado tiene como fin facilitar la germinación y la viabilidad de los lotes de semillas, evitando de esta manera pérdidas y mal uso del material genético. Dentro de esta área, se replicarán las mismas condiciones (temperatura, humedad) de la zona de estudio junto con el ajuste de la iluminación para lograr un correcto crecimiento de la planta. Asimismo, las primeras pruebas de germinación serán un requisito técnico para validar el estado de las semillas antes de su almacenamiento y durante los monitoreos periódicos, garantizando la calidad del germoplasma conservado y el correcto funcionamiento del banco de semillas (Rodríguez Fierro, 2012).

Figura 63

Cuarto de germinación – SketchUp



4.3.7. Pre-cámara

Esta cámara es la primera a la que se debe entrar para acceder a las dos siguientes áreas (cámara de congelación y cámara fría), ya que permite la reducción gradual de la humedad y la temperatura del ambiente para una mejor adaptación a las condiciones de las cámaras, así como también ser una antesala más para evitar el contagio de patógenos por vía aérea. La aclimatación evita choques fisiológicos que podrían comprometer la viabilidad de las semillas, especialmente en semillas sensibles a cambios bruscos en las condiciones ambientales.

Figura 64

Pre-cámara – SketchUp



4.3.8. Cámara de congelación

Es una de las dos zonas de almacenamiento, aunque solo es común en bancos de semillas de gran infraestructura y avanzada tecnología, los cuales generalmente son dedicados a la investigación. Este se caracteriza por promover la conservación de las semillas a largo plazo, permitiendo su viabilidad por un periodo de 30 a 50 años, e incluso más de un siglo en especies ortodoxas. La temperatura de esta área generalmente ronda los grados bajo cero; por ejemplo, el banco de semillas de Svalbard opera a una temperatura de -18°C . Gracias a esto, se ralentiza considerablemente el metabolismo celular, extendiendo la vida útil de la semilla y logrando la mínima cantidad de desechos por falta de uso o deterioro (Ordoñez Rojas, 2022).

Figura 65

Cámara de congelación – SketchUp



4.3.9. Cámara fría

Esta área de almacenamiento es una de las más comunes al momento de construir un banco de semillas, encontrándose en casi todas. Este espacio se caracteriza por almacenar y conservar las semillas medio plazo, con un tiempo estimado de conservación de entre 5 y 15 años. Se maneja mediante temperaturas que generalmente oscilan entre los 2°C y 10°C. Esencialmente, esta área se usa para almacenar semillas previamente tratadas y desinfectadas de uso frecuente para germinación o para especies que requieran condiciones intermedias, como las semillas recalcitrantes (Rodríguez Fierro, 2012).

Figura 66

Cámara fría – SketchUp



4.3.10. Área de almacenamiento

El área de almacenamiento o almacén, a diferencia de las áreas donde se almacenan las semillas, tiene el objetivo de organizar, resguardar y distribuir los insumos, herramientas y equipamiento menor necesarios para el funcionamiento operativo del banco de semillas, evitando de esta manera retrasos y permitiendo que el personal disponga de los materiales requeridos para las actividades de recolección, procesamiento, análisis y conservación.

Figura 67

Área de almacenamiento – SketchUp



4.3.11. Área de capacitaciones

Aunque no es una de las áreas que participa directamente en la gestión de las semillas, la incorporación de una sala de capacitación fortalece la gestión del banco al permitir entrenar al personal en temas como manejo de germoplasma, bioseguridad y técnicas de conservación. Asimismo, contribuye con la responsabilidad social al concientizar a estudiantes y visitantes, resaltando la importancia de tomar conciencia sobre los efectos antrópicos como los incendios accidentales y naturales como el cambio climático, junto con el papel crucial que desempeñan las semillas en este contexto como una alternativa (Travez Guanotuña, 2024).

Figura 68

Área de capacitaciones – SketchUp



4.3.12. Sala de descanso

Esta área está destinada al bienestar del personal del banco de semillas. No solamente es relevante para mantener el rendimiento laboral, especialmente en instalaciones que requieren precisión operativa y control constante de variables ambientales y biológicas, sino que procura que las áreas de trabajo no sean contaminadas con alimentos o bebidas, cumpliendo con las normativas de ergonomía y salud ocupacional.

Figura 69

Sala de descanso – SketchUp



4.3.13. Servicios higiénicos

Los servicios higiénicos son áreas comunes en toda infraestructura; estos deberán cumplir los criterios mínimos de bioseguridad, salubridad y bienestar del personal, investigadores y visitantes. Sin embargo, en el caso de un banco de semillas, su presencia es crucial al contarse áreas como laboratorios donde la limpieza y desinfección tanto de los equipos como del personal son esenciales para no dañar el material genético, asegurando condiciones adecuadas de trabajo y prevención de riesgos.

Figura 70

Servicios higiénicos – SketchUp



4.3.14. Cuarto del conserje

Así como el área de desinfección y preparación durante la operación de un banco de semillas, es necesario tener un control de la limpieza riguroso. Por ende, un cuarto para albergar elementos de limpieza al momento de realizar una limpieza general de las áreas del banco es necesario. Asimismo, este cuarto es común en todo tipo de infraestructura.

Figura 71

Cuarto del conserje – SketchUp



DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la zona de estudio

El análisis de los mapas como las variables climatológicas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco da a conocer cómo se encuentra condicionado por la influencia de la radiación solar, topografía u otras evidencias. De esta manera, la radiación solar e insolación brindan como se distribuye la energía solar, siendo los factores influyentes, pendientes, orientación e incluso el relieve, indicando como las características topográficas de las zonas montañosas influyen de manera drástica a la radiación (Hofierka & Ri, 2002).

Por otro lado, la precipitación e índice de humedad topográfico demostraron la irregularidad en la presencia del recurso hídrico, esto viéndose intensificado con los niveles de radiación y generando estrés en la vegetación. Se destaca la influencia topográfica y la radiación solar ante el balance hídrico y como la interacción clima-vegetación se ve afectada, limitando su capacidad de regeneración si no se favorece a una mayor disponibilidad hídrica (Bois et al., 2008; Hofierka & Ri, 2002).

Los resultados climatológicos presentan una alta estabilidad térmica promedio de 22 °C junto con una humedad relativa baja promedio del 21.6%, lo que sugiere un ambiente predominantemente seco con pocas temporadas de lluvia. Estas condiciones concuerdan con lo reportado por Cáceres et al. (2021) y Yaranga Cano et al. (2021), quienes señalan que los ecosistemas altoandinos presentan estas limitaciones hídricas que afectan directamente la germinación, establecimiento y resiliencia de las especies altoandinas.

No obstante, a diferencia de dichos estudios, en el área de Cacayaco se observan fluctuaciones de humedad puntuales, lo que puede sugerir la presencia de microclimas locales posiblemente asociados a condiciones de la zona como la topografía y cobertura vegetal. Esta variabilidad resulta relevante para el diseño del banco de semillas, ya que implica la necesidad

de controlar rigurosamente la humedad durante el almacenamiento para evitar pérdidas de viabilidad.

En los análisis de suelo, las propiedades físicas evidenciaron una textura arena franca en los tres puntos de muestreo, con densidades aparentes entre 2,09 - 2,17 g/cm³, baja porosidad y contenidos de humedad entre 47,46 % al 49,45 %, características que favorecen al drenaje del agua, pero reduciendo la capacidad del suelo para retener la humedad, condicionando la disponibilidad hídrica para la vegetación. Estas condiciones son propias de ecosistemas altoandinos, donde las pendientes, la cobertura vegetal y el estado del bosque influyen en la estructura y funcionamiento del suelo. De esta manera, Guadalupe Gamarra (2026), señala que los suelos de los bosques de *Polylepis* presentan diferencias significativas en propiedades como la materia orgánica, pH, nitrógeno y la conductividad eléctrica, evidenciando que la cobertura arbórea mejora la calidad edáfica, favoreciendo a una mayor conservación de nutrientes. Asimismo, Castro Gonzales (2014), destaca que los bosques de *Polylepis* con una mejor conservación tienen una mayor acumulación de materia orgánica, favoreciendo una mejor estructura del suelo y una mayor retención de humedad.

Respecto a las propiedades químicas, el pH obtenido evidenció suelos moderadamente ácidos, características de los bosques altoandinos que favorecen el desarrollo de *Polylepis*. De igual manera, la conductividad eléctrica evidencia la ausencia de salinidad. Sin embargo, los valores de capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica reflejan una capacidad moderada de retención de nutrientes. Castro Gonzales (2014) reportó en el bosque de Jurau (Áncash) contenidos de materia orgánica entre 8,19 % - 28,40 %, evidenciando una mayor conservación y una acumulación de material orgánico superficial. La baja materia orgánica puede estar relacionada con la fragmentación del bosque, la menor cobertura vegetal y las pendientes pronunciadas, factores afectan a la retención de humedad y nutrientes.

Por lo que este estudio reconoce la necesidad de desarrollar análisis de las condiciones climatológicas y edáficas por ecosistema, acompañado de pruebas de germinación, fortaleciendo el componente científico del proyecto.

5.2. Identificación y caracterización de especies altoandinas

Con respecto a la selección de especies de flora altoandina para el Banco de Semillas, es necesario conocer que los bosques de *Polylepis* representan uno de los ecosistemas más amenazados del Perú debido a la presión antrópica y el cambio climático (Cáceres et al. 2021).

Y aunque todas las especies del bosque de *Polylepis* tienen razón para almacenarse, Huayta et al. (2025) destacan que la conservación ex situ debe priorizar especies sobre otras para garantizar que las principales que sostienen el ecosistema no sufran cambios en su ciclo de vida y su nivel poblacional. Por lo que se aplicaron criterios ecológicos como su importancia en la regulación hídrica, conservación del suelo, su vulnerabilidad frente a los cambios antrópicos y, sobre todo, su uso potencial en proyectos de reforestación o por un servicio que brinda como sustento medicinal o alimenticio. La clasificación se basó en un sistema de puntos aplicado por Vilchez et al., (2019) para distinguir las mejores especies de tomates de Perú usando una tabla de puntos por categoría.

Sin embargo, al momento de realizar la identificación se debe confirmar la información recolectada con el fin de evitar errores. Por ejemplo, la especie *Polylepis rugulosa* Bitter corresponde a una especie arbórea perteneciente a la familia Rosaceae. De acuerdo con la clasificación taxonómica de Plants of the World Online Royal Botanic Gardens, Kew. (2020), esta especie presenta un porte arbóreo, aunque en ambientes de elevada altitud y condiciones climáticas extremas puede adoptar un crecimiento reducido o arbustivo. En el bosque de Cacayaco constituye la especie dominante y desempeña un papel fundamental en la estructura y funcionamiento del ecosistema altoandino. Esto concuerda con la investigación de Supo, C.

(2024), el cual evaluó su estructura poblacional mediante mediciones de altura, diámetro y cobertura de copa de los árboles. Si bien algunos autores describen a *Polylepis rugulosa* como un árbol pequeño o un arbusto arborescente debido a la influencia de factores ambientales como la altitud, el viento y las bajas temperaturas, en la presente investigación se adopta la clasificación de especie arbórea siguiendo el criterio taxonómico oficial y considerando que los individuos evaluados forman parte de un bosque altoandino con estructura forestal.

No obstante, la exclusión de especies herbáceas es debido a que estas poseen una menor vulnerabilidad frente a perturbaciones como incendios gracias a su alta proporción de biomasa subterránea (Ma et al., 2021). Este resultado justifica la priorización de especies arbustivas y arbóreas, enfocando los esfuerzos de conservación en los componentes más sensibles del ecosistema. En los pastizales, por ejemplo, menciona que aproximadamente el 67 % de la biomasa total se encuentra bajo la superficie del suelo. Por ende, cuando un incendio arrasa con este ecosistema, las herbáceas son las especies que menos sufren daños en comparación con los otros dos.

La descripción morfológica de la flor y, especialmente, del fruto / semilla resulta esencial para garantizar la calidad del material genético recolectado. Martyn et al. (2024) respaldan este comentario, ya que la identificación permite identificar daños, inmadurez fisiológica o la presencia de patógenos. Además, señala que el conocimiento sobre las semillas que poseen las plantas en general es mayormente desconocido para la población, incluso para las que se dedican a ramas de las ciencias naturales como los biólogos e ingenieros ambientales.

Asimismo, Wyse Jackson et al. (2024) resaltan que los bancos de semillas deben documentar de manera física o digital datos importantes como la procedencia y características del material colectado para garantizar la trazabilidad genética y representatividad poblacional, abarcando la mayor cantidad de especies y evitando el agotamiento del material genético.

5.3. Establecimiento de parámetros y métodos

Los parámetros propuestos reflejan una adaptación de estándares internacionales a las condiciones locales del bosque de Cacayaco, lo cual es clave si consideramos que la fisiología de las semillas responde directamente a su entorno de origen (Huayta et al., 2025). En ese sentido, los parámetros de temperatura y humedad no solo siguen los lineamientos técnicos, sino que se deben ajustar en relación con las condiciones específicas del ecosistema estudiado.

Según Martyn et al. (2024), la distinción entre semillas ortodoxas y recalcitrantes radica principalmente en su comportamiento frente al grado de humedad durante el almacenamiento, lo que condiciona directamente los métodos de almacenamiento y refuerza la necesidad de protocolos específicos.

En cuanto al tamaño de la semilla, Martyn et al. (2024) mencionan que es necesario conocerlo con el fin de tener las herramientas y equipos necesarios para una correcta recolección y almacenamiento, puesto que la mayoría de las semillas forestales son muy pequeñas. Las semillas y frutos de nuestras especies priorizadas presentan tamaños que oscilan aproximadamente entre 1 mm y 25 mm, predominando semillas pequeñas y ligeras adaptadas a dispersión por viento, por lo que se recomienda el uso de equipos especializados.

En el ámbito internacional, el modelo del Royal Botanic Gardens, Kew y su Millennium Seed Bank desarrollado por Royal Botanic Gardens, Kew, (2020) junto con Chapman et al., (2019), establecen procedimientos estrictos para el proceso de secado, así como un almacenamiento a -20°C y un monitoreo periódico de viabilidad antes de la germinación. Estos estándares fueron considerados para la creación del laboratorio y las cámaras de congelación, frío y de aclimatación. No obstante, se debe considerar que estos protocolos se enfocan en varios tipos de semillas extranjeras adaptadas a otro tipo de condiciones ambientales, por lo que deben tomarse como un modelo base y no como un modelo a seguir en su totalidad.

Wyse Jackson et al. (2024) señalan que los bancos de semillas modernos deben no solo centrarse en el almacenamiento, sino establecer protocolos activos de evaluación de germinación y trazabilidad genética. Asimismo, Huayta et al., (2025) enfatizan que las condiciones ambientales de la zona influyen directamente en la fisiología de las semillas, por lo que recomiendan adaptar los protocolos de conservación nacionales o internacionales a las características específicas de cada especie.

5.4. Diseño arquitectónico

El desarrollo de planos arquitectónicos y la división funcional de zonas dentro del Banco de Semillas, Wyse Jackson et al. (2024); Rodríguez Fierro, (2012) y Ordoñez Rojas, (2022) mencionan que los centros de conservación modernos enfocados en almacenar material genético deben estructurarse en áreas diferenciadas que incluyan recepción y limpieza de material, laboratorio de análisis, área de secado, almacenamiento en condiciones controladas y espacios administrativos, con el fin de evitar una contaminación cruzada de bacterias que puedan dañar las semillas. Este aspecto es importante considerando la cantidad de personas que entrarán al banco de semillas, siendo trabajadores, investigadores y visitantes.

Además, esta sectorización no solo mejora la gestión operativa y funcionamiento, sino que reduce riesgos de deterioro por manipulación inadecuada, lo cual es respaldado por Martyn et al. (2024), quienes resaltan que la manipulación y el control ambiental son factores importantes para una conservación a largo plazo.

El diseño arquitectónico propuesto no solo toma como ejemplo modelos existentes y en funcionamiento, sino que incorpora un enfoque funcional orientado a la investigación y educación ambiental, lo cual amplía el rol tradicional de los bancos de semillas. Un ejemplo es la inclusión de áreas de capacitación, la cual responde a la necesidad de fortalecer la

transferencia de conocimiento evitando el estancamiento de conocimientos, tal como lo evidencian Abad Criollo (2012) y Maselli et al. (2014).

Asimismo, implementar un área dedicada a la germinación de las semillas con el fin de evaluar de manera experimental la viabilidad, el vigor y la respuesta fisiológica del material genético ante condiciones controladas está basado en los bancos de semillas de Calva-Soto et al., (2022); Hoyle et al., (2023); Martínez et al., (2024) y Lacoretz et al., (2022) quienes resaltan que al implementar un cuarto de germinación se permitiría al banco no estancarse en un almacenamiento pasivo. Sin embargo, en caso de ser grandes cantidades de semillas o ser plantas destinadas al consumo humano, recomiendan la implementación de un vivero complementario para una mayor propagación de las plántulas.

Varios estudios han implementado bancos de semillas con un enfoque más para el sector agrícola y productivo, orientado a la conservación de variedades de especies nativas y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria. En este sentido, Moore Sierra (2021), Travez Guanotuña (2024) y Álvarez & Céspedes (2017) demuestran que los bancos de germoplasma también pueden cumplir un rol estratégico en la preservación de cultivos tradicionales y no solo enfocarse en especies forestales para proyectos de restauración o especies ornamentales para proyectos de paisajismo. De igual manera, estudios sobre bancos comunitarios como los de Vernooy et al., (2016); Porcuna et al., (2020) y Saquicela Cruz et al., (2025) destacan no solo por su enfoque en soberanía alimentaria y resiliencia de cultivos tradicionales, sino que priorizan la gobernanza participativa y circulación local de semillas, basándose únicamente en sus conocimientos y tradiciones sin intervención científica alguna.

Este concepto es contrastado por Maschinski & Walters, (2020) y Rodríguez Fierro, (2012). Estos autores resaltan la importancia de incorporar criterios técnicos de conservación fisiológica, clasificación de las semillas en ortodoxas y recalcitrantes, así como el desarrollo de monitoreos de viabilidad. Además, Campos Martínez & Chavarría Hislop (2025) señalan que

el buen funcionamiento de los bancos comunitarios depende de factores organizativos y financieros, también alegando a un modelo más técnico que tradicional. Del mismo modo, Turner et al. (2022) y Martínez et al. (2024) destacan que los bancos de semillas que son destinados a la restauración de zonas degradadas deben integrarse con programas de propagación y seguimiento post-plantación. Por lo que es necesario adaptar métodos y protocolos rigurosos en este tipo de banco de semillas para obtener la mayor tasa de germinación posible.

En el ámbito regional, si comparamos la propuesta del banco de semillas de la presente investigación con el banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria ubicado en la región de Arequipa y perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), este último se orienta principalmente a la conservación y mejora genética de especies agrícolas importantes para mantener una seguridad alimentaria y productividad regional estable, contando con protocolos específicos para la conservación y germinación. Mientras que el diseño propuesto en la presente investigación, si bien coincide en establecer criterios y parámetros rigurosos, este adopta un enfoque diferenciado, centrándose en la conservación y propagación de especies forestales altoandinas, particularmente para tener una copia de seguridad de las especies clave de la zona y poder tener recurso genético para el desarrollo de procesos de restauración ecológica. Agregado a esto, se consideran aspectos como la educación ambiental, la difusión de conocimientos y la participación de la comunidad. Por lo tanto, más que constituir una replicación, esta propuesta complementa el diseño ya establecido del INIA al cubrir un vacío en la conservación ex situ de recursos genéticos silvestres, fortaleciendo el alcance de la generación de conocimientos y participación de terceros.

5.5. Impactos Ambientales y Sostenibilidad del Proyecto

Los resultados de la matriz de impactos evidencian que los efectos negativos se concentran mayormente en la etapa de implementación, siendo de carácter temporal y

reversible, mientras que en la fase operativa predominan impactos positivos en relación con la conservación de la biodiversidad y la generación de servicios ecosistémicos. Esto coincide con lo señalado por Wyse Jackson et al. (2009) quien indica que los jardines botánicos y centros de conservación pueden generar servicios ecosistémicos y a su vez de brindar beneficios para las comunidades locales.

Este comportamiento sugiere que, aunque el proyecto requerirá de una inversión inicial en términos económicos y operativos, sus beneficios a mediano y largo plazo lo superan. En este sentido, la incorporación de medidas de manejo, monitoreo y control resulta clave para asegurar la sostenibilidad del banco de semillas frente a escenarios de cambio climático y degradación ambiental tal como lo indican Martyn et al. (2024).

Huayta et al. (2025) advierten acerca del desafío que se presenta en la adaptación a posibles escenarios ocasionados por el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad, de manera que el banco de semillas implemente un sistema de monitoreo y gestión, mejorando la adaptabilidad de la institución.

En este sentido, Calvo Reyes & Rojas Meza, (2023) y Campos Martínez & Chavarría Hislop, (2025), resaltan la importancia de trabajar conjuntamente con la comunidad local para lograr identificar y minimizar los desafíos ambientales o antrópicos que se presenten al conservar el recurso natural, pudiendo dificultar la sostenibilidad de los bancos de semillas, sin embargo, esto potencia en gran medida el desarrollo social, ambiental y económico.

De esta manera, Costa Díaz, (2022), Méndez Barreto (2023), Cruz Junior (2015) y Toapanta Alcocer (2012), resaltan que la implementación de un banco de semillas no debe tomarse como el primer paso con herramientas para el mejoramiento genético e incrementar el rendimiento, resistencia, tolerancia y calidad al momento de su cultivo. En este caso se debe

supervisar el almacenamiento y la caracterización del germoplasma, al ser procesos relacionados de manera directa con la selección para su óptimo uso.

Por otra parte, Vernoooy et al., (2024) y Song et al., (2021), mencionan la complejidad de elaborar un plan de sostenibilidad por su misma extensión, teniendo que elaborar el análisis del banco de semillas y la implementación de estrategias consolidadas para desarrollar la sostenibilidad de manera eficaz, con aprendizaje continuo, como “manejo de equipos, procesos, prácticas e inclusive tecnologías tradicionales”, de esta manera, el logro en los bancos de semillas de este tipo de plan es un factor clave para su desarrollo.

En conjunto, los resultados obtenidos de esta investigación no solo validan la viabilidad técnica y ambiental del banco de semillas propuesto, sino que evidencian con fundamento la necesidad de integrar criterios ecológicos, fisiológicos y espaciales en su diseño. Asimismo, este estudio aporta un enfoque diferente, adaptándose a las condiciones y necesidades de los ecosistemas altoandinos, destacando la importancia de complementar la conservación in situ con estrategias ex situ para garantizar la preservación de la diversidad genética frente a perturbaciones antropogénicas, escenarios de cambio climático y degradación del hábitat.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

PRIMERO: La caracterización de las condiciones climatológicas y edafológicas del Bosque de *Polylepis* de Cacayaco evidencia condiciones ambientales condicionantes, marcadas por la estacionalidad hídrica limitante, alta radiación y suelos con baja fertilidad, afectando el proceso de germinación y regeneración de manera natural, viendo la necesidad de implementar distintas estrategias de conservación.

SEGUNDO: La identificación y registro de especies arbóreas y arbustivas permitió identificar las 26 especies más representativas y relevantes de la zona, aplicando criterios técnicos de priorización, destacando a la especie *Polylepis rugulosa*. Asimismo, la caracterización morfológica permitió la identificación del tipo de semilla/fruto y la definición de los periodos óptimos de recolección, contribuyendo al mejoramiento de la eficiencia en la obtención de semillas.

TERCERO: Se establecieron métodos y protocolos técnicos que integran las etapas de planificación y ejecución para la recolección, almacenamiento y germinación de las semillas, basándonos en estándares internacionales de conservación ex situ y en investigaciones previas y adaptados a las condiciones propias del bosque de Cacayaco, garantizando la viabilidad fisiológica del material genético y reducir riesgos de contaminación cruzada o pérdida de calidad.

CUARTO: El diseño integral del banco de semillas cumple con los criterios de funcionalidad, sostenibilidad y eficiencia operativa, con áreas diferenciadas y separadas para un correcto almacenamiento y preservación de semillas, así como el uso de un equipamiento especializado y un sistema organizativo que optimiza el flujo de trabajo. Asimismo, se incorpora un plan de sostenibilidad preliminar que considera factores ambientales y riesgos locales, integrando

criterios de recolección, almacenamiento y monitoreo, para garantizar una gestión eficiente de sus recursos y su viabilidad técnica y operativa.

QUINTO: El diseño del banco de semillas se propone como una estrategia complementaria a la conservación *in situ*, enfocada a la preservación del material genético forestal frente a las presiones antrópicas y las variaciones del cambio climático. Además, fortalece la gestión ambiental local al promover la participación social, la educación ambiental y la gestión de alianzas con distintas entidades de manera activa, consolidándose como un modelo replicable para la conservación de especies amenazadas en la región.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis climatológico más detallado de la zona de estudio, incluyendo parámetros como radiación solar, nivel de luminosidad, dirección y velocidad del viento y presión atmosférica.
- Incluir dentro del análisis edáfico el parámetro de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, con el fin de determinar los requerimientos hídricos necesarios en caso de implementarse un vivero complementario.
- Profundizar la caracterización morfológica y fisiológica de las semillas recolectadas, mediante equipos especializados como estereoscopio y cámaras fotográficas profesionales, a fin de determinar tamaño, morfología y presencia de daños.
- Contar con un área técnica que pueda almacenar las semillas a largo plazo previamente a la recolección del material genético, así como también como tener todo el material y equipos necesarios propuestos en los protocolos, con el fin de evitar pérdidas y desperdicio de material genético.
- Desarrollar ensayos de germinación controlada en condiciones de laboratorio para establecer los porcentajes de viabilidad y determinar con una mayor precisión las condiciones óptimas de propagación.
- Promover la participación comunitaria con la población arequipeña mediante programas de capacitación, talleres y educación ambiental; asimismo, involucrar a la comunidad de Cacayaco combinando conocimientos ancestrales sobre manejo de especies altoandinas con datos de investigaciones científicas.
- Establecer alianzas estratégicas con instituciones académicas, entidades públicas y organizaciones relacionadas con la conservación de la flora altoandina, con el fin de fortalecer la investigación, lograr una mejor difusión científica del proyecto y una posible futura implementación del banco de semillas en la ciudad de Arequipa.

- Desarrollar una base de datos digital del material genético, considerando datos como el nombre de la especie, la fecha de recolección, cantidad de material recolectado, el nombre del recolector y/o entidad y la justificación de la recolección, garantizando una gestión adecuada de la información y evitando un posible agotamiento del material genético en la zona.
- Diseñar un protocolo de respuesta ante emergencias como filtraciones de patógenos, fallas en el sistema o eventos naturales como sismos y lluvias intensas, así como la creación de un plan logístico para la reposición de equipos críticos, emergencias y actualizaciones tecnológicas con el fin de reducir pérdidas de material genético.
- Establecer una estructura organizativa funcional con roles y jerarquías definidos, que garantice la eficiencia operativa y un buen funcionamiento del banco de semillas.
- Realizar un estudio de impacto ambiental (EIA) previo a la implementación del banco de semillas que permita identificar, evaluar y mitigar posibles impactos ambientales, garantizando la sostenibilidad del proyecto.
- Realizar una evaluación económica que considere las etapas de implementación y funcionamiento, asimismo, considerar costos de operación, costos de mantenimiento, costos de equipos y materiales y costos de remuneración a trabajadores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad Criollo, J. F. (2012). Implementación de un banco de germoplasma nativo en el centro binacional de formación técnica – zapotepamba, en alianza con los colegios técnicos agropecuarios asentados en el lado ecuatoriano de la cuenca binacional Catamayo Chira [bachelorThesis]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/5590>

Aguilar, F. M. A. (2022). Plantas con potencial uso para la reforestación mediante la medición de rasgos funcionales en bordes de avance del bosque de Polylepis, en el anexo de Cacayaco, Chiguata - Arequipa 2021. Tesis Maestrías. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14394>

Aguilar, L. M. A., Sanchez, J. M., Mercado, W., & Orihuela, J. C. A. (2024). Sustainable Agriculture in Peru Based on Agrobiodiversity and Climate-Smart Agriculture – Evaluation of a Case Study with Small Farmers in an Andean Basin. *Journal of Ecological Engineering*, 25(4), 278–293. <https://doi.org/10.12911/22998993/185221>

Alvarez, A., & Cespedes, E. (2017). Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) Programa de Investigación en Quinoa del Centro de Investigación en Cultivos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco Peru.

Alvarez, O. C., Olson, E., Welp, L., Frisbee, M., Zuñiga, M. S., Díaz, R. J., Roque, Q. W., Salazar Carol, M., Arenas Midhuar, C., Jara, J. M., Ccancapa Alexander, C., & Jafvert, C. (2022). Evidence for high-elevation solar recharge and interbasin groundwater flow in the Western Cordillera of the Peruvian Andes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(2), 483–503. <https://doi.org/10.5194/hess-26-483-2022>

Ames, M. F. N., Quispe, M. H. R., & Renison, D. (2021). Conservation status assessment of the highest forests in the world: *Polylepis flavipila* forests as a case study. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 160–169. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1920295>

Anju, V., Warriar, R., & Kunhikannan, C. (2022). Significance of Soil Seed Bank in Forest Vegetation - A Review. *Seeds*, 1(3), 181–197. <https://doi.org/10.3390/seeds1030016>

Antonio Bautista, A., Velarde Nuño, C. V., & Rumayor Rodríguez, O. L. (2020). Manual para el análisis físico y biológico de semillas forestales (1.a ed.). Secretaría de Medio Ambiente de Coahuila.

Araca, J., Estruch, G. V., Aznar, J., & Yufra, S. (2021). Economic Valuation of the Goods and Services Offered by the High Relict High-Andean Ecosystem Located in the Districts of Chiguata, Characato and Pocsi, Arequipa, Peru. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(6), 5443–5452. <https://doi.org/10.15244/pjoes/137371>

Arguello Pazmiño, A. M. (2016). Diseño de un modelo de gestión para un banco de germoplasma de semillas andinas.

Asociación Española del Laboratorio Clínico. (2021). Fertilidad del suelo | AEFA - Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. <https://aefa-agronutrientes.org/fertilidad-del-suelo>

Auffret, A., Ladouceur, Emma., Haussmann, N., Daouti, E., Elumeeva, T., Kačergytė, I., Knape, J., Kotowska, D., Low, M., Onipchenko, V., Rubene, D., & Plue, J. (2024). A global database of soil seed bank richness, density, and abundance. *Ecology*, 105(11). <https://doi.org/10.1002/ecy.4438>

Aucca, C., & Ferro, G. (2014). Ecología, Distribución, Monitoreo y Estado de Conservación de los Bosques del género *Polylepis* (Rosaceae) en Perú. Obtenido de infobosques.

Báez, M. A., Küppers, G., García, D., & Duarte, E. R. (2024). Evaluación de viabilidad y factibilidad de germinación de semillas de *Dendrobium nobile* almacenadas a temperatura ambiente sin secado previo. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 26(1), 5-10. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n1.107668>

Balasupramaniam, S., Merritt, D., Hay, F. R., & Dalziell, E. L. (2025). Assessing the storage potential of seed collections to inform the management of wild species seed banks. *Australian Journal of Botany*, 73(1). <https://doi.org/10.1071/BT24065>

Barri, F., Toledo, M., Herzog, P., Bellis, L. M., & Renison, D. (2021). Avifaunal responses after two decades of *Polylepis* forest restoration in central Argentina. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 205–212. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1938885>

Belmonte, S., Núñez, V., Franco, J. A., & Viramonte, J. (2006). Mapas de radiación solar para el Valle de Lerma (Salta-Argentina). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88412>

Belov, M. (2006). Description and images of *Berberis empetrifolia* (Uva de la cordillera, Palo amarillo), a native Chilean plant. *Chileflora.com*. <https://www.chileflora.com/Florachilena/FloraEnglish/HighResPages/EH0047.htm>

Billard, C. E., Dalzotto, C. A., & Lallana, V. H. (2014). Desinfección y siembra asimbiótica de semillas de dos especies y una variedad de orquídeas del género *oncidium*. *Polibotánica*, 38, 145-157. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-27682014000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Bois, B., Wald, L., Pieri, P., van Leeuwen, C., Commagnac, L., Chéry, P., Christen, M., Gaudillère, J.-P., & Saur, E. (2008). Estimating spatial and temporal variations in solar radiation

within Bordeaux winegrowing region using remotely sensed data. *OENO One*, 42, 15.
<https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.1.829>

Boza, T. E., & Kessler, M. (2022). *Polylepis rugulosa* Bitter: A flowering branch, B upper leaf surface, C lower leaf surface, D habit [Figura]. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/figure/Polylepis-rugulosa-Bitter-A-flowering-branch-B-upper-leaf-surface-C-lower-leaf-surface-D_fig99_362406236

Breman, E., Ballesteros, D., Castillo-Lorenzo, E., Cockel, C., Dickie, J., Faruk, A., O'Donnell, K., Offord, C. A., Pironon, S., Sharrock, S., & Ulian, T. (2021). Plant Diversity Conservation Challenges and Prospects—The Perspective of Botanic Gardens and the Millennium Seed Bank. *Plants*, 10(11), 2371. <https://doi.org/10.3390/plants10112371>

Caballero, V. L., Fajardo, G. F., Calbi, M., & Silva, A. G. (2021). Climate Change Can Drive a Significant Loss of Suitable Habitat for *Polylepis quadrijuga*, a Treeline Species in the Sky Islands of the Northern Andes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9.
<https://doi.org/10.3389/FEVO.2021.661550>

Cáceres, Y., Lachmuth, S., Schrieber, K., Marcora, P., Renison, D., & Hensen, I. (2021). Germination responses of two key mountain tree species to single and combined fire-related stresses: does elevational origin matter? *Flora*, 280, 151832.
<https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151832>

Calva-Soto, K., Pavón, N. P., & Ramírez-Marcial, N. (2022). Banco de semillas de un bosque de encinos de *Quercus delgadoana* en la zona centro de la Sierra Madre Oriental, México. *Acta Botanica Mexicana*, 129. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1973>

Calvo Reyes, H. R., & Rojas Meza, J. E. (2023). Modelo para la Sostenibilidad de los Bancos Comunitarios de Semillas Criollas de Granos Básicos, Departamento de Matagalpa, Nicaragua, 2023. *Revista Científica Tecnológica* - ISSN: 2708-7093, 6(4), 49-70.

Cámara, B. A., Aguayo, J. E., Verykaki, E. S., Pastor, O. G., Moreno, V. S., Torres, E., & Wilkinson, M. (2024). The FLAIR-GG federated network of FAIR germplasm data resources. *Scientific Data*, 11(1), 1386. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-04243-7>

Campos Martínez, P. M., & Chavarría Hislop, G. de J. (2025). *Factores que inciden en la sostenibilidad del banco de semillas comunitario COOPRAGBO en tres comunidades del municipio de Bonanza, RACCN, Nicaragua, 2024* [Bachelor, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/5029/>

Cano López, E. (2025). *Diseño del plan de sostenibilidad y economía circular aplicado a una fábrica de adhesivos aeroespaciales*. <https://hdl.handle.net/2117/450306>

Chanove-Manrique, A., & Cárdenas-Pillco, B. (2024). Fragmentación del paisaje y pérdida de conectividad en los bosques de queñua (*Polylepis*) en Perú y su vulnerabilidad ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 30(3), Article 3. <https://doi.org/10.21829/myb.2024.3032593>

Chapman, T., Miles, S., & Trivedi, C. (2019). Capturing, protecting and restoring plant diversity in the UK: RBG Kew and the Millennium Seed Bank. *Plant Diversity*, 41(2), 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.001>

Castro Gonzales, J. A. (2014). Caracterización del bosque de *Polylepis* de Jurau, microcuenca de Paria, distrito de Huasta, provincia de Bolo

Chiliquinga Claudio, V. A. (2024). Determinación de las propiedades físicas y químicas del lote número 14 campus Salache mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio de suelos 2023-2024. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11723>

Christmann, T., Mayte, L. A., & Recharte, J. (2025). Restoration of Andean Forests Using a Socioecological Approach: Case Study from the Aquia Mountain Community in Peru.

Mountain Research and Development, 45(1), D1–D13.
<https://doi.org/10.1659/mrd.2024.00017>

Costa Díaz, L. D. C. (2022). Propuesta para la Gestión del Banco de Germoplasma de la Universidad Técnica Particular de Loja. [bachelorThesis].
<http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/30427>

Cruz Junior, W. da S. (2015). Caracterización de los sistemas locales de producción y suministro de semillas en cinco comunidades del municipio de Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/319722118_Caracterizacion_de_los_sistemas_locales_de_produccion_y_suministro_de semillas_en_cinco_comunidades_del_municipio_de_Acatenango_Chimaltenango_Guatemala

Da-Silva, C.-V., Martins, S.-V., Villa, P. M., Correa, G., Dias, A.-A., & Nabeta, F.-H. (2021). Banco de semillas de relaves mineros como indicador de recuperación de vegetación en Mariana, Brasil. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 700-716.

Díaz, V. M. D., Marañón, A. T., & Arroyo, M. J. (2005). El banco de semillas del suelo su papel en la regeneración del bosque mediterráneo. *Almoraima: Revista de Estudios Campogibraltares*, ISSN 1133-5319, No 31, 2005, Págs. 151-158, 31, 151–158.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2441258&info=resumen&idioma=SPA>

Dillon, R., Coates, D., Standish, R., Monks, L., & Waycott, M. (2023). Assessing plant translocation success: common metrics mask high levels of inbreeding in a recently established *Banksia brownii* (Proteaceae) population. *Australian Journal of Botany*, 71(2), 79–92.
<https://doi.org/10.1071/BT22071>

Di Sacco, A.; Way, M.; León Lobos, P., Suárez Ballesteros, C. I., Díaz Rodríguez J. V. (2020). Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres.

Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. DOI: 10.34885/175

Domic, A., Capriles, J., & Camilo, G. (2020). Evaluating the fitness effects of seed size and maternal tree size on *Polylepis tomentella* (Rosaceae) seed germination and seedling performance. *Journal of Tropical Ecology*, 36(3), 115–122. <https://doi.org/10.1017/S0266467420000061>

Eckardt, N. (2021). Sweeter than SWEET: a single-cell leaf vasculature transcriptome atlas. *The Plant Cell*, 33(3), 445–446. <https://doi.org/10.1093/plcell/koaa059>

Fabšičová, M., Vymyslický, T., Frei, I., Zdražilková, M., Smetanová, S., Winkler, J., & Jiroušek, M. (2024). The importance of soil seed banks for biodiversity restoration in degraded grasslands. *Folia Geobotanica*, 59(1), 17–37. <https://doi.org/10.1007/S12224-024-09452-X>

FALOEEX. (2023). Ley No 26839 - Ley sobre conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC009259/>

FAOLEX. (2022, September 1). Ley No 28611 - Ley General del Ambiente. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC081742/>

FAOLEX. (2024). Ley No 29763 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC104648/>

Farías Soruco, J. J. (2017). *Propuesta de modelo de gestión estratégica e indicadores de gestión basados en la Balanced Scorecard en empresa agrícola productora de semillas*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/144501>

Fernández, A. (2026). *Asparagus horridus* (Taxon ID: 333673). iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/taxa/333673-Asparagus-horridus>

Fundación R.A. Philippi de Estudios Naturales. (2021, 10 de junio). *Diplostephium meyenii*. Catálogo Flora de Chile. <https://fundacionphilippi.cl/catalogo/diplostephium-meyenii/>

Gallegos, S. (2020, 26 de enero). *Lophopappus berberidifolius* [Observación]. iNaturalist. <https://spain.inaturalist.org/observations/38336294>

Garabito Machaca, D. E. (2024). Diseño de un plan estratégico de gestión para la conservación del Banco de Germoplasma de olivo del INIA (*Olea europaea* L.), Tacna, 2023. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15836>

Gargiulo, R., Hoban, S., Visscher, A., Gómez, B. P., Dayrell, R., Dhanjal, A. K., Hudson, A., Seal, C., Kallow, S., Sala, J., Oliver, L., Carvey, N., Chapman, T., Mattana, E., Callow, C., Cockel, C., Fay, M., Viruel, J., Birchenko, I., ... Hardwick, K. (2025). The potential of seedbank digital information in plant conservation. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*. <https://doi.org/10.1002/ppp3.70017>

Gianelli, I., Trimble, M., Juri, S., Pereira, L., González, M. B., & Villasante, S. (2025). The seeds' substrate: a concept to understand how transformations toward Good Anthropocenes can be enabled. *Ecology and Society*, 30(1). <https://doi.org/10.5751/ES-15792-300138>

Gob.pe. (2023, April 26). Convenio sobre la Diversidad Biológica, instrumento internacional clave para un desarrollo sostenible - Informes y publicaciones - Instituto Nacional de Innovación Agraria - Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/inia/informes-publicaciones/4167813-convenio-sobre-la-diversidad-biologica-instrumento-internacional-clave-para-un-desarrollo-sostenible>

Gonzales, R. (2024). El sofisticado laboratorio que conserva las últimas papas nativas del Perú: Alberga más de 4.000 variedades de este tubérculo—Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2024/07/07/el-sofisticado-laboratorio-que-conserva-las-ultimas-papas-nativas-del-peru-alberga-mas-de-4000-variedades-de-este-tuberculo/>

Gradstein, R., & Pócs, T. (2021). Diversity of liverworts and hornworts in *Polylepis* sericea forests in the Andes of Venezuela. *Nova Hedwigia*, 112(1–2), 49–68. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2021/0612

Grim, P. (2025). iNaturalist observation 323183296. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/323183296>

Guerra, A., Ames, M. F., & Rodríguez, R. E. (2024). Wood anatomical acclimation in the endemic genus *Polylepis* in Peruvian Andean forests. *Journal of Mountain Science*, 21(9), 2986–3000. <https://doi.org/10.1007/s11629-024-8738-1>

Guzmán, V. I., Castillo, A. S., Orozco, S. A., & Collazo, O. M. (2021). Spatial and temporal dynamics of two cacti seed banks in a xerophytic shrubland in Mexico City. *Botanical Sciences*, 99(3), 560–572. <https://doi.org/10.17129/botsci.2745>

Gold, K.; P. León-Lobos. y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.

Guadalupe Gamarra, G. M. (2026). Variación de las características del suelo entre pradera altoandina y plantaciones de *Pinus radiata* y *Polylepis* sp., comunidad Casa Blanca. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/7585>

Hernández, J., Perera, S., Siverio, F., & Tascón, C. (2012). (PDF) Estudio preliminar de tratamientos de desinfección de semilla en variedades locales de cebolla de Tenerife

Laboratorio de Sanidad Vegetal. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/368809105_Estudio_preliminar_de_tratamientos_de_desinfeccion_de_semilla_en_variedades_locales_de_cebolla_de_Tenerife_Laboratorio_de_Sanidad_Vegetal

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
<https://books.google.com.pe/books?id=oLbjoQEACAAJ>

Hofierka, J., & Ri, M. (2002). The solar radiation model for Open source GIS: Implementation and applications. *Proceedings of the Open Source GIS-GRASS Users Conference*.

Hoyle, G., Sommerville, K., Liyanage, G., Worboys, S., Guja, L., Stevens, A., & Crayn, D. M. (2023). Seed banking is more applicable to the preservation of tropical montane flora than previously assumed: A review and cloud forest case study. *Global Ecology and Conservation*, 47, e02627. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02627>

Huamán Alcedo, D. F. (2021). Efecto de la disminución de humedad y conservación de semillas del pan de árbol (*Artocarpus camansi* F. Blanco) en el proceso de germinación. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2088>

Huayta, H. D., Quispe, M. H. R., Lagones, P. K. L., Llacua, T. Y. S., Ames, M. F. N., & Renison, D. (2025). Low seed viability and germination in *Polylepis flavipila* hinder forest restoration: The role of seed mass and maternal effects. *Trees, Forests and People*, 19, 100746. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2024.100746>

Illanes Barrantes, M. I. (2024). *Evaluación de la sobrevivencia y el crecimiento de cuatro especies arbóreas del bosque hidrófilo de quebradas con distintos tipos de cobertura y*

cuatro métodos de protección para la radiación solar en la Reserva Natural Privada Altos de Cantillana. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/209066>

Jimenez Villamil, A. del P., Soler Duarte, D., & Ortiz Villota, M. T. (2018). Bancos de semillas: Herramienta sostenible para la conservación de la biodiversidad en el municipio de Ubaque, en Cundinamarca (Colombia). *Avances: Investigacion en Ingenieria*, 15(1), 9-29.

Joseph, L., Marino, Y. C. R., Arizapana, A. M., Venelli, P. M., Freire, S. F., & van, den E. (2021). Socioeconomic Conditions and Landowners' Perception Affect the Intention to Restore Polylepis Forests in the Central Andes of Peru. *Forests*, 12(2), 118. <https://doi.org/10.3390/f12020118>

Jururo Quispe, M. (2018). Valorización económica de los servicios ecosistémicos de almacenamiento de agua y carbono en los Bosques de Queñua (Polylepis) del distrito de Chiguata de la provincia de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6107>

Kai, Y., Alfaro Pinto, A., Clavijo McCormick, A., Nadarajan, J., He, X. Z., MacKay, M., & McGill, C. (2023). Seed Desiccation Sensitivity Varies with Geographic Distribution in Two New Zealand Native Pittosporum Species. *Seeds*, 2(3), 370–381. <https://doi.org/10.3390/seeds2030028>

Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11), 569-574. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>

La Alianza de Bioversity International. (2021). Bancos de Germoplasma recorrido virtual. <https://alliancebioversityciat.org/es/stories/haz-un-recorrido-virtual-por-los-bancos-de-germoplasma-de-la-alianza>

Lacoretz, M., Malavert, C., Madanes, N., Cristiano, P., & Tognetti, P. (2022). Seed dormancy and germination of native and invasive alien woody species of an endangered

temperate forest in the Argentine Pampas. *Forest Ecology and Management*, 526, 120577.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120577>

La Torre, D. (2022, agosto 4). Incendio forestal en Chiguata afectó 15 hectáreas de pastizales. *Diario El Pueblo*. <https://diarioelpueblo.com.pe/2022/08/04/incendio-forestal-en-chiguata-afecto-15-hectareas-de-pastizales/>

López Guadarrama, D., & Maldonado Reyes, A. A. (2023). El banco de germoplasma y el turismo rural: Una colaboración para crecer. I Jornada Turismo, Comunidades y Ruralidad (La Plata, 5 al 7 de mayo de 2021). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/152169>

López Zubieta, M. A. (2023). *El banco de semillas como estrategia de conservación que permita la apropiación del territorio y su cuidado en la IED Nueva Esperanza UPZ La Flora de la localidad de Usme*. <https://hdl.handle.net/20.500.12495/12644>

Luo, C., Li, S., Jiao, J., Wang, J., Chen, Z., & Zhou, Y. (2025). Thinning and tending could enhance the understory regeneration potential of seed bank during the subtropical pine forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 587, 122746.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122746>

Ma, N., Yang, L., Min, Q., Bai, K., & Li, W. (2021). The Significance of Traditional Culture for Agricultural Biodiversity-Experiences from GIAHS. *Journal of Resources and Ecology*, 12(4), 453–461. <https://doi.org/10.5814/J.ISSN.1674-764X.2021.04.003>

Ma, H., Mo, L., Crowther, T. W., Geng, Y., Du, J., Pettersson, R., Stahl, G., & Zohner, C. M. (2021). The global distribution and environmental drivers of aboveground versus belowground plant biomass. *Nature Ecology & Evolution*, 5(8), 1110-1122.
<https://doi.org/10.1038/s41559-021-01485-1>

Maarouf, bouteau H. (2022). The Seed and the Metabolism Regulation. *Biology*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/BIOLOGY11020168>

Margapuri, V., & Neilsen, M. (2021). Classification of Seeds using Domain Randomization on Self-Supervised Learning Frameworks. 2021 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2021 - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/SSCI50451.2021.9659998>

Martínez, G. F., Baskin Carol, Croce, J., Dalmasso, A., & Tálamo, A. (2024). Propagation of keystone-woody species as a first step in restoration of an overgrazed seasonal dry forest. *New Forests*, 55(2), 363–382. <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09977-7>

Martyn, Y. A., Sommerville, K., Guja, L. ., Merritt, D., Dalziell, E., Auld, T., Broadhurst, L., Coates, D., Commander, L., Crawford, A., Emery, N., Funnekotter, B., Knapp, Z., Makinson, R., Monks, L., Wrigley, D., & Offord, C. (2024). Ex situ germplasm collections of exceptional species are a vital part of the conservation of Australia's national plant treasures. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 6(1), 44–66. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10421>

Marroquin Fuentes, L. K., & Tapias Castillo, N. N. (2025). *Seguimiento a bancos comunitarios de semillas agroecológicas del Jardín Botánico José Celestino Mutis*. <http://hdl.handle.net/11349/95489>

Maselli, S., Navas, A., & Melgar, F. (2014). Establecimiento de un banco de semillas en UVG-Altiplano y estudio preliminar a nivel molecular de la diversidad del maíz criollo almacenado en el banco. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4738>

Maschinski, J., & Walters, C. (2020). Orthodox, Intermediate, and Recalcitrant Seed. Center for Plant Conservation. <https://saveplants.org/best-practices/difference-between-orthodox-intermediate-and-recalcitrant-seed/>

Mattivi, P., Franci, F., Lambertini, A., & Bitelli, G. (2019). TWI computation: A comparison of different open source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4, 6. <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0066-y>

Méndez Barreto, K. A. (2023). Determinación de la funcionalidad del Banco de semillas comunitario APA Azuay [masterThesis, Universidad Internacional de Andalucía]. <https://dspace.unia.es/handle/10334/8638>

MINAGRI. (2015). Decreto Supremo N.º 018-2015-MINAGRI. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4773055-018-2015-minagri>

Ministerio de Agricultura de Noruega y NordGen. (2020, julio 31). El banco de semillas del mundo en Noruega. Norgesportalen. <https://www.norway.no/es/argentina/Noruega-X/noticias-eventos/el-banco-de-semillas-del-mundo-en-noruega/>

MINAM. (2018). Resolución Ministerial N.º 211-2018-MINAM. Gob.Pe. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/4538-211-2018-minam>

MINAM. (2025). Decreto Supremo No 019-2021-MINAM Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados. Ministerio de Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-reglamento-acceso-recursos-geneticos-sus?utm_source=chatgpt.com

MINAM. (2014). Guía para Muestreo de Suelos. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2702-guia-para-muestreo-de-suelos>

Montes, C. (2023, 30 de mayo). Científicos descubren esperanzador potencial de tres plantas chilenas para tratar el alzhéimer. La Tercera. <https://www.latercera.com/que-pasa/noticia/cientificos-descubren-esperanzador-potencial-de-tres-plantas-chilenas-para-tratar-el-alzheimer/ABEZC3RGNJHAVFNHI5ASFV3GWE/>

Moore Sierra, J. (2021b). Germinar. Banco de semillas para la comunidad La Milagrosa en el Amazonas colombiano. <http://hdl.handle.net/10554/54261>

Morales, A. L., & Morales, A. C. (2023). Maps of the Distribution of Polylepis Forests in Southern Peru. In *Lecture Notes in Networks and Systems: Vol. 574 LNNS* (pp. 3009–3018). https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_332

Nakum, P., Singh, B., & Solanki, H. (2025). The significance of seed banks: A review of techniques and technologies. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(2), 2401–2407. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.2.0573>

Naruangsri, K., Pathom-aree, W., Elliott, S., & Tiansawat, P. (2024). Selecting Suitable Tree Species for Direct Seeding to Restore Forest Ecosystems in Northern Thailand. *Forests*, 15(4), 674. <https://doi.org/10.3390/f15040674>

O'Donnell, K., & Sharrock, S. (2017). The contribution of botanic gardens to ex situ conservation through seed banking. *Plant Diversity*, 39(6), 373–378. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.11.005>

ONU. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.fao.org/cfs/workstreams/sdgs/es/>

Ordoñez Rojas, M. E. (2022). Procesamiento de semillas de Papas silvestres (*Solanum* spp.) para la conservación en el banco de germoplasma del CIP.

Oviedo, Z. S. B., & Rivera, R. D. M. (2020). Diseño de un modelo de Gestión para la ruta Ecoturística en los pueblos tradicionales de Cacayaco (Chiguata), Mosopuquio (Characato) y Tuctumpaya (Pocsi), como alternativa de conservación del Bosque de Queñua (*Polylepis rugulosa*) del Pichu Pichu. Tesis-Ingeniería Ambiental. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10501>

Palabral Aguilera, A. N. (2025). iNaturalist observation 328764216. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/328764216>

Paz, G., & Vásquez, P. (2024). Diseño Ambiental del Jardín Botánico para la Promoción de la Conservación Sostenible de la Diversidad Florística en la Región Arequipa—2023. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/14195>

Pérez Cortés, F. (2020). Muestro y determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con bosque natural y plantaciones comerciales [Universidad Autónoma Chapingo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12098/1124>

Pérez, D. (2022). iNaturalist observation 103775276. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/103775276>

ProActivo. (2023, junio 28). MINAM implementa bancos de semillas para asegurar la conservación de especies vegetales nativas. Revista ProActivo. <https://proactivo.com.pe/minam-bancos-de-semillas-conservacion-especies-vegetales-nativas/>

Pence, V. C., Meyer, A., Linsky, J., Gratzfeld, J., Pritchard, H. W., Westwood, M., & Bruns, E. B. (2022). Defining exceptional species—A conceptual framework to expand and advance ex situ conservation of plant diversity beyond conventional seed banking. *Biological Conservation*, 266, 109440. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109440>

Porcuna, F. A., Fiala, V., Freyer, B., van, E. J., Vernooy, R., & Probst, L. (2020). Do community seed banks contribute to the social-ecological resilience of communities? A case-study from western Guatemala. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(3), 232–249. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1747199>

Porter, J. M., & Prather, L. A. (2008). *Cantua dendritica* (Polemoniaceae), a new species from Peru, and two new *Cantua* names. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 25(1), 31–35. <https://doi.org/10.5642/aliso.20082501.03>

Ramírez, V. M. L. (2019). Tres tratamientos de manejo poscosecha de frutos y giberelinas en semillas de *Vaccinium Corymbosum* (arándano) para su germinación y

crecimiento in vitro en dos medios de cultivo. Repositorio de Tesis UCSM.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9652>

Ramos-Huapaya, A. E., Arenas-Faustor, P., & Lombardi, I. (2024). Palmeras comunes del bosque ribereño del Lago Valencia (Madre de Dios, Perú): Usos, semillas y propagación. *Revista Forestal del Perú*, 39(1), 36-55. <https://doi.org/10.21704/rfp.v39i1.2154>

Rao, N.K.; Hanson, J.; Dulloo, M.E.; Ghosh, K.; Nowell, D.; Larinde, M. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Rome (Italy): Bioversity International.

Ripley, R. (2018). iNaturalist observation 17035563. iNaturalist.
<https://www.inaturalist.org/observations/17035563>

Rodríguez Fierro, A. J. (2012). Estructura organizativa y de gestión del banco de semillas UTPL [bachelorThesis]. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/4264>

Rodríguez Portilla, R. A. (2021). Propuesta de un plan de reforestación mediante un modelo predictivo de nichos ecológicos de la especie *Polylepis rugulosa* en la zona de Characato, Arequipa 2021. Tesis-Ingeniería Ambiental.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11385>

Rodríguez, R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica* 75(1): 1-430.

Royal Botanic Gardens, Kew. (2020). Millennium Seed Bank Partnership technical information sheets. Royal Botanic Gardens, Kew.
<https://www.kew.org/science/our-science/projects/millennium-seed-bank-partnership>

Salizar Valencia, J. C. (2017). Evaluación de Diferentes Tratamientos Pre-germinativos en Semilla de Moringa (*Moringa Oleífera* LAM.) Bajo Condiciones de Casa Sombra – Fundo Carmen Alto – Arequipa. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6506>

Sanchez, J. R. V., Segil, C. A. G., Carrasco, J. L. L., Osorio, S. J. M., Girbau, D. E. O., & Ramírez, J. I. T. (2024). Áreas naturales protegidas: análisis del avance de la cobertura jurídica para la protección ambiental: 1990-2024. *Ius Vocatio*, 7(10), 115–142. <https://doi.org/10.35292/IUSVOCATIO.V7I10.1063>

San Diego State University. (2015). *Mutisia acuminata* Ruiz & Pav. - Asteraceae. Plants of the Chile. https://plants.sdsu.edu/chile/plants/Asterac-M-R/Mutisia_acuminata.html

Sandoval Montenegro, A. N. (2016). Diseño de un banco de semillas, que promueva la sustentabilidad en la reserva natural “Los Cristales” en la cuenca media del río Otún, departamento de Risaralda (Colombia). <https://hdl.handle.net/11059/6856>

Saquicela Cruz, P. S., Mena Pástor, P. G., Rogel Barrezuela, J. C., & Quilumbaquin Toaquiza, E. J. (2025). Bancos de Semillas Comunitarios: Un enfoque hacia la soberanía alimentaria. *RECIMUNDO*, 9(Especial), 33-39. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(esp\).mayo.2025.33-39](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(esp).mayo.2025.33-39)

SENAMHI & MINEM. (2003). Atlas de energía solar del Perú: Proyecto Per/98/G31: Electrificación Rural a Base de Energía Fotovoltáica en el Perú. Lima. https://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20_de_Radiacion_Solar.pdf

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2024). Guía de los árboles nativos de la región Arequipa. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. <https://www.serfor.gob.pe/>

Schnee, L., Sutcliffe, L., Leuschner, C., & Donath, T. (2023). Weed Seed Banks in Intensive Farmland and the Influence of Tillage, Field Position, and Sown Flower Strips. *Land*, 12(4), 926. <https://doi.org/10.3390/land12040926>

Schmidt, L. (2007). Forest seed handling: From collection to planting. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

SINIA. (2024). Aprobación de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2050 | SINIA. Ministerio de Ambiente. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprobacion-estrategia-nacional-diversidad-biologica-2050>

SINIA. (2025). Ley General de Semillas | SINIA. Ministerio de Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-semillas?utm_source=chatgpt.com

Song, X., Li, G., Vernooy, R., & Song, Y. (2021). Community Seed Banks in China: Achievements, Challenges and Prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.630400>

Supo, C. T. C. (2024). Enraizamiento y crecimiento de estacas de Queñua (*Polylepis* sp.) Empleando diferentes sustratos en condiciones de invernadero. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. <https://hdl.handle.net/20.500.12773/17721>

Swiderska, K., & Argumedo, A. (2022). Indigenous Seed Systems and Biocultural Heritage: The Andean Potato Park's Approach to Seed Governance. In *Seeds for Diversity and Inclusion* (pp. 57–77). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89405-4_4

Szablińska, P. J., & Lahuta, L. B. (2023). Changes in Polar Metabolites during Seed Germination and Early Seedling Development of Pea, Cucumber, and Wheat. *Agriculture (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE13122278>

Tapella, M., Marcora, P., & Tecco, P. (2021). Reciprocal interactions between a non-native shrub and the dominant native trees of a high mountain woodland: who benefits? *Biological Invasions*, 23(1), 53–67. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02355-w>

Ticse, O. G., Vidal, O., Andreu, H. L., Quispe, M. H., Amoroso, M., Santos, G., & Requena, R. E. (2023). Age structure and climate sensitivity of a high Andean relict forest of *Polylepis rodolfo-vasquezii* in central Peru. *Dendrochronologia*, 79, 126071. <https://doi.org/10.1016/J.DENDRO.2023.126071>

Toapanta Alcocer, M. C. (2012). Inventario de los cultivos tradicionales e implementación de un banco de germoplasma La Esperanza-Pedro Moncayo 2011 [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3745>

Torres Guevara, J., Parra, F., & Casas, A. (2019). (PDF) De los cultivos nativos y el cambio del clima Hallazgos (Huánuco y Apurímac). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac

Travez Guanotuña, X. D. (2024). “Creación de bancos locales de semillas ancestrales como estrategia para enfrentar el cambio climático”,. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11670>

Turner, S., Cross, A., Just, M., Newton, V., Pedrini, S., Tomlinson, S., & Dixon, K. (2022). Restoration seedbanks for mined land restoration. *Restoration Ecology*, 30(S1). <https://doi.org/10.1111/rec.13667>

Vanegas Miranda, E. A., & Murillo, R. J. (2021). Diseño de plan de negocio para el Banco Comunitario de semilla criolla, climatizada y mejorada (BCSCCM) “Santa Rosa” ubicada en el Municipio de Quezalguaque, León. Periodo 2020-2025 [Other, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/17255/>

Valdes, A. R., Jurado, E., Flores, J., & Estrada, E. (2023). Banco de semillas del suelo bajo individuos aislados de especies arbóreas del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79), 31–57. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V14I79.1344>

Vernooy, R., Adokorach, J., Gupta, A., Otieno, G., Rana, J., Shrestha, P., & Subedi, A. (2024). Promising Strategies to Enhance the Sustainability of Community Seed Banks. *Sustainability*, 16(19), 8665. <https://doi.org/10.3390/su16198665>

Vernooy, R., Shrestha, P., Sthapit, B. R., & Ramírez, M. (2016). *Bancos comunitarios de semillas: Origenes, evolucion y perspectivas*. Bioversity International. <https://hdl.handle.net/10568/79770>

Vega Castillo, D., Lopez Yuly, A., Bejarano, L. D., Gonzalez, N. C., & Caceres, E. A. (2020). *Elaborar una Propuesta de Inducción y Capacitación del Talento Humano para la Compañía Scotiabank, Mediante la Implementación del Plan Semilla*. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/37978>

Vilca, R. (2018, septiembre 5). Incendio en queñuales causa grave daño al ecosistema de Arequipa. Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/incendio-en-quenuales-causa-grave-dano-al-ecosistema-en-la-ciudad-840070/>

Vilchez, D., Sotomayor, D. A., & Zorrilla, C. (2019). EX SITU CONSERVATION PRIORITIES FOR THE PERUVIAN WILD TOMATO SPECIES (*Solanum* L. SECT. *Lycopersicum* (MILL.) WETTST.). *Ecología Aplicada*, 18(2), 171. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1335>

Villatoro Sanabria, J. C. (2023). *Diseño de riesgos y puntos críticos utilizando la metodología del Sistema Nacional de Control Interno Gubernamental (SINACIG) para la Actualización del Manual de Procedimientos en la Planta Procesadora de Semilla, en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA)* [Other, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

Walters, C., Maschinski, J., Havens, K., Heineman, K., & Horn, C. (2020). Dry and Store Orthodox Seeds. <https://saveplants.org/best-practices/cleaning-processing-drying-and-storing-orthodox-seeds/>

Wambugu, P., Nyamongo, D., & Kirwa, E. (2023). Role of Seed Banks in Supporting Ecosystem and Biodiversity Conservation and Restoration. *Diversity*, 15(8), 896. <https://doi.org/10.3390/d15080896>

Warrier, R. R., & Kunhikannan, C. (2022). Significance of Soil Seed Bank in Forest Vegetation—A Review. *Seeds*, 1(3), 181–197. <https://doi.org/10.3390/seeds1030016>

Wu, N., Liu, F., Meng, F., Li, M., Zhang, C., & He, Y. (2021). Rapid and Accurate Varieties Classification of Different Crop Seeds Under Sample-Limited Condition Based on Hyperspectral Imaging and Deep Transfer Learning. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/FBIOE.2021.696292>

Wyse Jackson, P., & Kennedy, K. (2009). The global strategy for plant conservation: A challenge and opportunity for the international community. *Trends in Plant Science*, 14(11), 578–580. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.08.011>

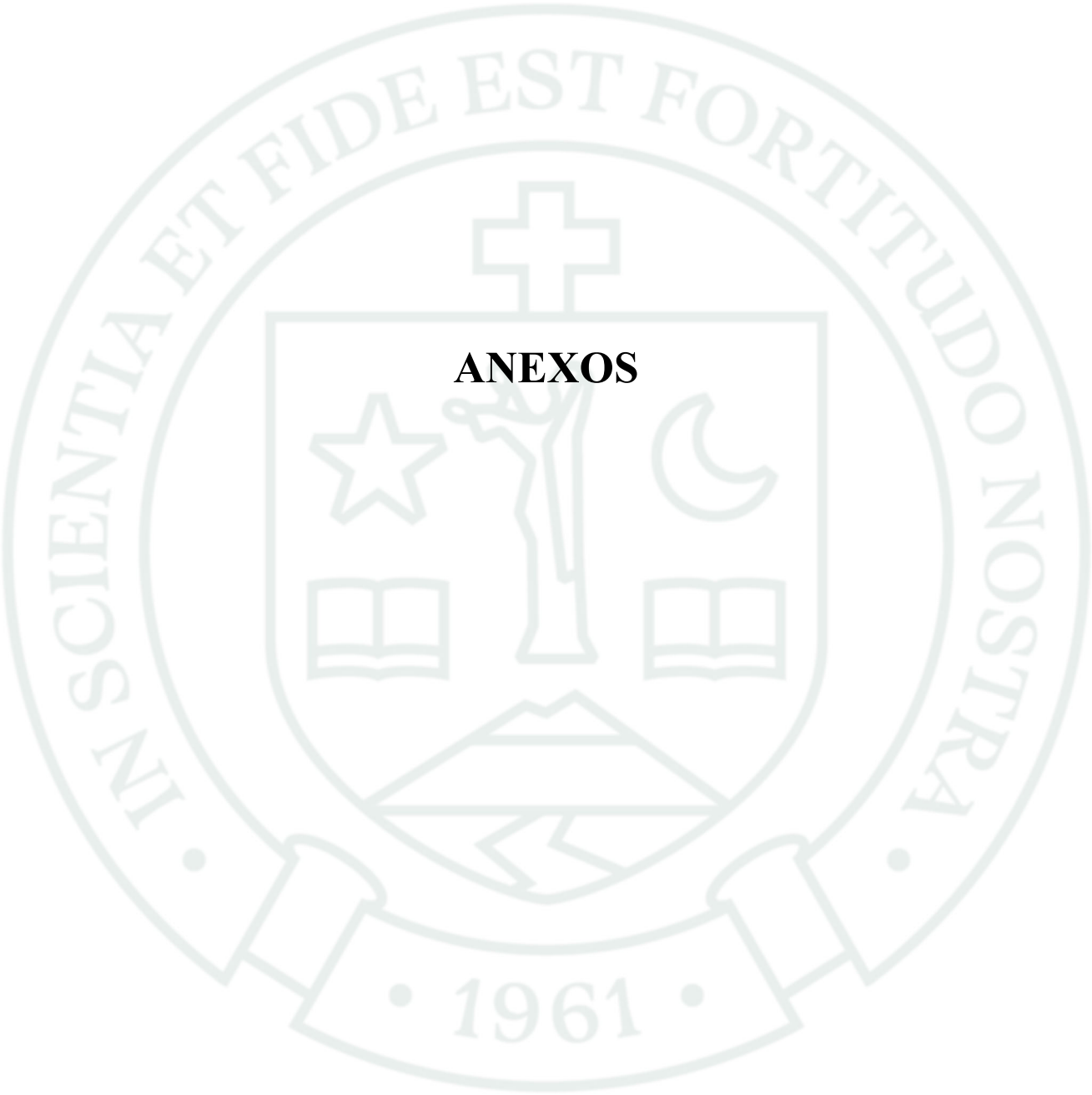
Yang, X., Baskin, C., Baskin, J., Pakeman, R., Huang, Z., Gao, R., & Cornelissen, J. (2021). Global patterns of potential future plant diversity hidden in soil seed banks. *Nature Communications*, 12(1), 7023. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27379-1>

Yaranga Cano, R., Arizapana Almonacid, M., Orellana Mendoza, E., Pariona Antonio, V., & Castañeda Tinco, M. (2021). Water Status of Polylepis Forests Related to Altitudinal Gradient, Microclimate Variables and Slope. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 151–160. <https://doi.org/10.12911/22998993/132425>

Zeballos Delgado, R. F. (2016). Mitigación de Riesgos. *Universidad José Carlos Mariátegui*. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/743>

Zegarra Amézquita, K. L. (2015). Establecimiento In Vitro de Yemas y Efecto de Reguladores de Crecimiento Ana y Bap en la Micropropagación de *Polylepis Rugulosa* (Queñua) de Zonas Altoandinas de Arequipa.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/3409>





ANEXOS

ANEXO 1. Plan de sostenibilidad preliminar del banco de semillas

1. Introducción

La sostenibilidad de un banco de semillas constituye un factor clave en la conservación ex situ de recursos genéticos vegetales, especialmente en ecosistemas frágiles como los bosques de *Polylepis*, donde la presión antrópica reduce la disponibilidad de material reproductivo viable. Los bancos de semillas requieren continuidad operacional, estabilidad de infraestructura, gestión del riesgo y permanencia institucional para asegurar la preservación del material almacenado (FAO, 2014). Este Plan de Sostenibilidad tiene como finalidad asegurar que el banco propuesto pueda operar a largo plazo, garantizando las condiciones ambientales controladas, el mantenimiento de equipos, la articulación institucional y el uso responsable de recursos esenciales. Al establecer lineamientos claros, este plan mejora la viabilidad del proyecto y fortalece su aporte a la conservación ambiental.

El presente documento tiene la finalidad de desarrollar un plan de diseño de sostenibilidad para un banco de semillas de conservación ex situ de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco. Ante la creciente presión antrópica y los efectos generados por el cambio climático en los ecosistemas altoandinos, es necesario el establecimiento de lineamientos, modelos de gestión y estrategias para garantizar la viabilidad genética de las semillas (Aucca & Ferro, 2014; Zegarra Amézquita, 2015).

De esta manera, los bancos de semillas o germoplasma cumplen la función de preservar las semillas de las plantas mediante un ambiente controlado con sus condiciones óptimas, siendo empleadas para programas de mejora genética y la restauración de comunidades agrícolas y forestales; estas aplicaciones se vienen dando a nivel mundial debido a su importancia con la gran biodiversidad que se presenta, con una aproximación de seis millones de muestras en 1,300 bancos de semillas registrados, siendo solo una pequeña parte de los recursos genéticos explorados (Torres Vizuete, 2024).

Los bancos de semillas cuentan con un complejo sistema de operación que, para su mantención y contribución en la resiliencia de las semillas como las líneas de mejoramiento, estirpes genéticas, variedades naturalizadas e incluso parientes silvestres, necesita de estructuras adecuadas y procesos productivos que se observan en la sostenibilidad ambiental, social y económica (Calvo Reyes & Rojas Meza, 2023b).

De esta manera, es necesario el análisis de los distintos factores que influyen en la sostenibilidad de los bancos de semillas, fortaleciendo la seguridad y su autonomía productiva mediante los protocolos de recolección para proporcionar una mejoría en el acceso y la conservación de semillas que se encuentren adaptadas a las distintas condiciones climáticas de la zona de su proveniencia (Campos Martínez & Chavarría Hislop, 2025).

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Garantizar la continuidad técnica, ambiental, institucional y económica del banco de semillas, permitiendo que la colección conservada mantenga su estabilidad y disponibilidad a lo largo del tiempo mediante un plan de sostenibilidad.

2.2. Objetivos específicos

- Preservar la estabilidad de la infraestructura y las condiciones internas del banco, proporcionando un sistema eficiente de monitoreo, control ambiental y registro de la información.
- Establecer un modelo de gestión y funcionamiento de manera sostenible de los recursos materiales, energéticos y humanos.
- Establecer alianzas estratégicas y fortalecer la vinculación institucional.

- Identificar, prevenir y gestionar los riesgos asociados que puedan comprometer la permanencia del banco mediante las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

2.3. Metas

- Reducir el consumo energético y de agua actual.
- Reducir la huella de carbono mediante la mejora de procesos productivos.
- Generar una autonomía energética sostenible.

3. Marco Conceptual

3.1. Sostenibilidad técnica

La sostenibilidad técnica garantiza que las decisiones de diseño y operación lleguen a minimizar el riesgo de fallas, asegurando el funcionamiento adecuado y sin complicaciones de los sistemas. Se menciona que la gestión de tecnología en la sostenibilidad técnica es considerada complementaria a las ambientales, sociales y económicas por sus criterios enfocados en eficiencia, mantenibilidad y adaptabilidad en un proyecto sostenible (Vacchi et al., 2021).

3.2. Condiciones ambientales y de infraestructura

El almacenamiento de las semillas en las prácticas de los agricultores les permitía cultivar sus variedades locales que resistían las condiciones climáticas que variaban constantemente, como la escasez de agua, vientos fuertes y la falta de nutrientes en el suelo, presentando una resiliencia ante los desafíos agrícolas. De esta manera, los bancos de semillas cumplen un papel fundamental al proporcionar el acceso a semillas para una futura siembra (Torres Vizuite, 2024).

La infraestructura en un banco de semillas cumple la función de preservar, de esta manera en una ubicación, mantener seguro el material genético, teniendo en consideración los factores climáticos y geológicos, como su construcción en zonas alejadas para minimizar los posibles riesgos ante desastres naturales o actividades antrópicas, implementando sistemas de almacenamiento especializados como las cámaras frigoríficas y congeladores, los cuales, al mantener las semillas a temperaturas bajas y en condiciones óptimas como el control de la humedad, se prolongará la vida útil de las semillas (Torres Vizuite, 2024).

3.3. Mantenimiento de equipos

Los bancos de semillas cuentan con una gran cantidad de materiales y equipos para la preservación y el análisis del material genético; de esta manera pueden presentar un deterioro temprano si no se les brinda el mantenimiento adecuado durante años, como problemas con las fluctuaciones eléctricas. Para esto se realizan inventarios de todos los equipos con sus respectivas fotos, conociendo el estado exacto de los mismos; a su vez, es necesaria la renovación de equipos desfasados para poder proporcionar la información precisa de interés (Espinosa Franco, 2015).

3.4. Sostenibilidad ambiental

La sostenibilidad ambiental mantiene la integridad de los ecosistemas, como la posibilidad de que los procesos biológicos y su diversidad no se vean afectados por las actividades antrópicas o de cambio climático, manteniendo un equilibrio entre los recursos y los procesos de conservación, adaptándose ante posibles perturbaciones ambientales (Duvan Emilio, 2018).

Los bancos de semillas, al ser una herramienta para la conservación ex situ del material genético de las semillas y presentar una alta adaptabilidad, contribuyen de manera directa en la

restauración de los ecosistemas degradados, mitigando de manera significativa la pérdida de especies (Wambugu et al., 2023).

3.5. Gestión eficiente de recursos

La gestión se da mediante la implementación de estrategias y objetivos para poder lograr acciones preventivas con la coordinación de todos los recursos, con el fin de alcanzar el objetivo de la empresa, como lo es la conservación de material genético para los bancos de semillas. El hacer un uso correcto de los recursos que se disponen mediante la gestión permite maximizar el rendimiento sin la necesidad de adquirir nuevos, y las funciones básicas para una buena gestión son la planeación, organización, dirección y control, definiendo metas y el monitoreo del desempeño laboral (Arguello Pazmiño, 2016).

3.6. Medidas de mitigación ambiental

Las medidas de mitigación son acciones destinadas a la minimización de los impactos negativos que se pueden generar al medio ambiente por un proyecto; estas medidas deben realizarse desde el inicio de las actividades productivas hasta su culminación (Vera Torrejón, 2015).

3.7. Organización interna

La organización estructural debe estar presente en el banco de semillas desde la creación de su reglamento interno de datos generales, principios y valores, con el fin de que las actividades cumplan roles, funciones y el tiempo de gestión. De igual manera, el análisis de producción y competencias de los trabajadores enfocados al banco de semillas, infraestructura y herramientas brindará un plan de producción para su fortalecimiento con cronogramas de actividades y planes de capacitación (Campos Martínez & Chavarría Hislop, 2025).

3.8. Sostenibilidad social

La sostenibilidad social se enfoca en el fortalecimiento del capital humano y comunitario, promoviendo prácticas donde se favorece la participación de las comunidades que se encuentren relacionadas, reforzando las capacidades de los locales y sus conocimientos tradicionales en la conservación y el uso de los recursos naturales. De esta manera, la comunidad también formará parte de la toma de decisiones en la recolección y gestión de los conocimientos, mejorando los vínculos de la conservación ambiental y el bienestar social (Duvan Emilio, 2018).

3.9. Sostenibilidad económica

La sostenibilidad económica tiene como objetivo que los distintos proyectos de conservación presenten una viabilidad financiera y autonomía en un largo plazo, esto implicando que los proyectos ambientales y de conservación, como lo son los bancos de semillas, aseguren los ingresos suficientes para poder mantener sus costos de operación, mantenimiento de infraestructuras, adquisición de insumos y capacitaciones. Los proyectos de conservación con modelos de sostenibilidad económica presentaron una integración en sus actividades productivas y en la generación de servicios ambientales por las iniciativas de conservación comunitaria o institucional (De Falcis et al., 2022).

4. Metodología

4.1. Identificación de partes interesadas

Para lograr un adecuado desarrollo sostenible, se buscará el interés de distintas entidades privadas, públicas o la misma población aledaña para la colaboración en el proyecto de banco de semillas con iniciativas y propuestas efectivas y relevantes, de manera que se capte con altas expectativas a los distintos grupos (Cano López, 2025).

4.2. Colaboración con entidades

4.2.1. Selección de entidades

Se debe tener en cuenta para la selección contar con las mismas o similares metas de sostenibilidad, estableciendo criterios claros y concretos (Cano López, 2025).

4.2.2. Desarrollo de entidades

Se ofrecerá formación a las entidades para promover la mejora en las prácticas de sostenibilidad, de manera que los estándares establecidos en el banco de semillas se vean cumplidos (Cano López, 2025).

4.2.5. Compromiso con los empleados

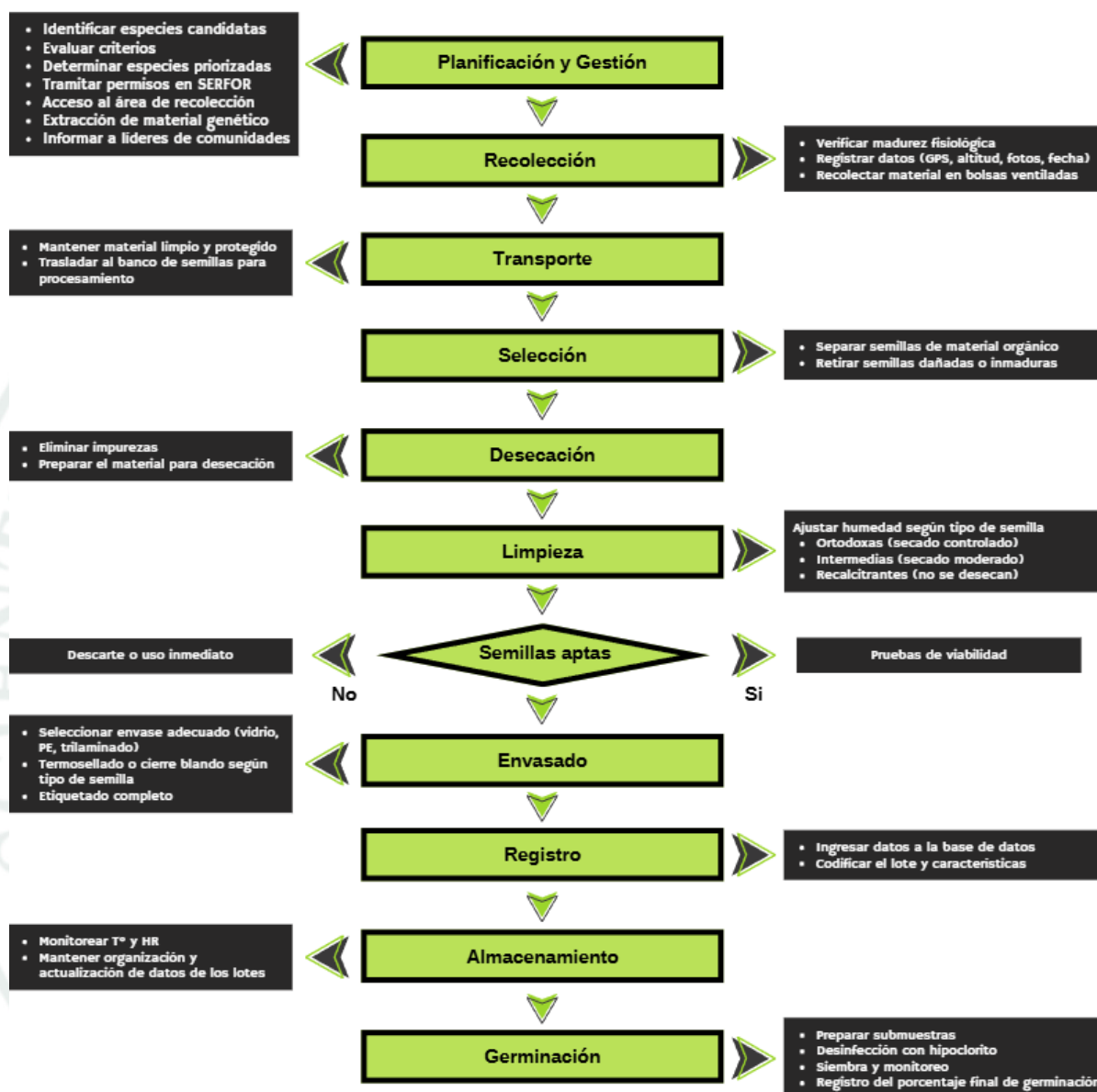
Se debe tener el compromiso total con los empleados; a causa de que se pueden generar inconvenientes que afecten a los distintos procesos en el banco de semillas, se realizarán inducciones y capacitaciones para que se adapten de una manera más sencilla y no se vea afectado su rendimiento, seguridad y salud en el transcurso del proyecto (Vega Castillo et al., 2020).

4.2.6. Relaciones con la comunidad

Se debe fomentar la empatía y participación de la comunidad, involucrándolos en los procesos del banco de semillas, como lo es la recolección del material genético de las plantas, de manera que se tome conciencia de la importancia de las semillas y plantas en los ecosistemas por su adaptación, y cómo los bancos de semillas aportan en la disponibilidad de semillas de calidad (Calvo Reyes & Rojas Meza, 2023; López Zubieta, 2023).

Figura 72

Diagrama de flujo del Banco de Semillas



El diagrama de flujo presenta el proceso de gestión y conservación con el que se cuenta en el banco de semillas, el cual inicia con la planificación y gestión para la identificación de las especies aptas a través de distintos criterios; de esta manera se gestionan los permisos para su obtención en el área determinada. Seguidamente, se procede con la recolección, verificando su madurez fisiológica para poder registrar su información clave como la ubicación, fotos y fecha de recolección. Por otro lado, el transporte se da bajo ciertas condiciones para garantizar la

integridad del material, de manera que se implementen las etapas de selección, desecación y limpieza para retirar los residuos adheridos, obteniendo semillas viables, a las cuales se les controlará el contenido de humedad acorde al tipo de semillas. Una vez determinadas como aptas las semillas, se procede al envasado de las semillas, etiquetado y su registro en la base de datos. Finalmente, se realiza el almacenamiento de los envases con monitoreo de temperatura y humedad, y la evaluación de germinación, asegurando el control de calidad idóneo a largo plazo.

5. Sistema de monitoreo y evaluación

Se debe contar con un sistema de monitoreo y evaluación adecuados, de manera que el banco de semillas cumpla con sus propios objetivos para la conservación y restauración ecológica con las verificaciones periódicas de la viabilidad y calidad del material genético que se encuentra almacenado. El monitoreo se verá implicado en los parámetros establecidos para las pruebas de germinación estandarizadas, la integridad física y las pérdidas a través del deterioro del material genético. La evaluación dada mediante los protocolos definidos en la toma de muestras, análisis y registros dará el pase a la prevención de la degradación y a poder planificar las acciones correctivas necesarias (Vernooy et al., 2016).

Asimismo, los criterios ecológicos y de diversidad son necesarios en el monitoreo para su integración al poder analizar la composición, riqueza y potencial para la regeneración del mismo banco (Da-Silva et al., 2021).

5.1. Matriz de riesgos y medidas de mitigación

Se debe estimar el riesgo que se puede producir; de esta manera, el resultado se dará de la gravedad y la probabilidad para su desarrollo en los entornos considerados (Zeballos Delgado, 2016).

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} * \text{Consecuencia}$$

5.1.1. Identificación de riesgos

La identificación de los riesgos se debe dar por personal capacitado para poder tomar las medidas de seguridad necesarias al momento de su minimización, a su vez usando sus equipos de protección personal necesarios y evitar posibles lesiones y enfermedades en el lugar de trabajo (Villatoro Sanabria, 2023).

5.1.2. Matriz de riesgos

En las Tablas 21 y 22 se identifican y evalúan distintos riesgos asociados al banco de semillas, los cuales se clasifican en: Operativos, Ambientales y Técnicos. Los riesgos que presentan cuentan con su causa de origen y la potencial consecuencia, asociándose principalmente a la pérdida de material genético, reducción de viabilidad, daño a equipos o la pérdida de información. La valoración se realiza mediante la Probabilidad (P) y la Consecuencia (C), las cuales dan como resultado el Nivel de Riesgo (R) el cual es interpretado como alto, medio y bajo; en estos se observa la predominancia del nivel medio; a su vez, tres clasificados como alto y bajo nivel de riesgo.

Tabla 21

Matriz de evaluación de riesgos

CONSECUENCIA	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			A	B	C	D	E
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
			PROBABILIDAD				

Tabla 22

Matriz de identificación y evaluación de riesgos

Nº	Tipo de riesgo	Riesgo identificado	Causa	Consecuencia	P	C	R	Nivel de riesgo	Medidas de control
1	Operativo	Error de etiquetado	Falta de verificación	Pérdida de trazabilidad	B	4	14	Medio	Implementación de un doble control y uso de códigos de barras.
2	Operativo	Falla de suministro eléctrico	Falla externa / deterioro en la estructura eléctrica	Elevación de temperatura en almacenamiento / Deterioro de equipos	C	3	18	Bajo	Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico e implementación de alarmas de temperatura.
3	Operativo	Daño de envases	Manipulación inadecuada / caídas de nivel elevado	Contaminación / pérdida de material	B	2	5	Alto	Capacitación para su manipulación segura con el uso de envases certificados y resistentes.
4	Operativo	Extravío de muestras	Uso de sistema manual	Pérdida de material genético	B	2	5	Alto	Implementar un control de acceso restringido y de tiempo real.
5	Ambiental	Incendio	Corto circuito por deterioro	Pérdida total (Equipos, material genético y de laboratorio)	A	3	6	Alto	Mantenimiento preventivo de los detectores de humo y extintores
6	Ambiental	Plagas	Falta de monitoreo	Daño al material genético	B	3	9	Medio	Inspecciones regulares e implementar un registro de monitoreo
7	Ambiental	Variación brusca de temperatura	Fallos de ventilación y aire acondicionado	Reducción de viabilidad	B	3	9	Medio	Calibración de sensores de registro y mantenimiento de los sistemas de ventilación y aire acondicionado

8	Ambiental	Exceso de humedad	Sensores mal calibrados	Reducción de viabilidad / Pérdida de longevidad	B	3	9	Medio	Uso de deshumificadores e implementar empaques herméticos
9	Técnico	Fallos en pruebas de germinación	Mala calibración de rociadores	Datos no confiables	C	3	13	Medio	Capacitación técnica del personal y de revisión de protocolos
10	Técnico	Pérdida de base de datos	Falla de servidor / error humano / daño de hardware	Pérdida de información genética	C	2	18	Bajo	Implementar un plan de recuperación de datos
11	Técnico	Contaminación genética	Mezcla de poblaciones o especies	Pérdida de identidad genética	C	2	18	Bajo	Uso de herramientas dedicadas para cada especie, separación física de lotes y realizar un análisis periódico
12	Técnico	Sobressecado	Falta de control de humedad y temperatura	Muerte embrionaria	C	3	13	Medio	Monitoreo constante durante el proceso de secado

5.1.2. Estrategias preventivas

Se deben establecer protocolos internos para los distintos procesos donde se tienen medidas de seguridad para la prevención de cualquier tipo de incidente que se pueda presentar en el banco de semillas; esto se cumplirá a través del personal capacitado y responsable de las distintas zonas (Villatoro Sanabria, 2023). Estos pueden ser: El control de inventario y trazabilidad, Mantenimiento periódico de los equipos, uso de los equipos de protección personal, revisión y evaluación periódica del plan de sostenibilidad, control estricto de temperatura y humedad, capacitación continua, entre otros.

5.2. Análisis FODA

La matriz de análisis FODA presenta cuatro componentes, enfocándose la fortaleza en la diversidad de especies conservadas a través de un almacenamiento óptimo, lo que incrementa la resiliencia de las semillas y teniendo en cuenta la capacitación del personal en técnicas de conservación y manejo, las cuales son un factor clave. Las debilidades vienen a ser las limitaciones presupuestarias, de manera que se puede ver afectada la ampliación de infraestructuras y tecnología, además de una capacidad técnica local insuficiente en procesos especializados y contar con dependencia de financiamiento externo. Las oportunidades incluyen el acceso a semillas de alta calidad, el interés de la comunidad cercana con la posibilidad de elaborar estrategias de desarrollo local, así como avances en la criopreservación y monitoreo. Finalmente, las amenazas presentan riesgos de contaminación y disminución de la viabilidad de las semillas; estas también se pueden dar por el cambio climático y la misma pérdida de las fuentes semilleras a causa de la deforestación o incendios.

Tabla 23

Matriz de análisis FODA

Fortalezas	Debilidades
• Variedad de especies de semillas arbustivas y arbóreas en el banco de semillas. • Almacenamiento óptimo de las semillas. • Capacitaciones al personal para la conservación y cuidado óptimo de las semillas.	• Limitaciones de puesto en los bancos de semillas • Limitada capacidad técnica local para el manejo de semillas • Dependencia de financiamiento externo
Oportunidades	Amenazas
• Acceso sostenido a semillas de alta calidad • Interés de la comunidad cercana • Integración a estrategias para el desarrollo local • Avances en almacenamiento, criopreservación y monitoreo de semillas	• Riesgo contaminación y pérdida de semillas • Disminución de viabilidad de germinación por el impacto del cambio climático • Pérdida de las fuentes semilleras a causa de deforestación, incendios forestales y expansión urbana

5.3. Indicadores de desempeño

Cuando se implementan planes estratégicos, es necesario realizar reuniones con el fin de analizar los resultados y brindar un mayor aprendizaje para los trabajadores del banco de semillas. En las reuniones se verá el desempeño de las distintas áreas y se lidiará con los posibles incidentes que ocurran (Farías Soruco, 2017). Algunas de estas pueden ser:

- Tiempo para el procesamiento de semillas
- Conformidad en el proceso de almacenamiento
- Conformidad en la disposición de recursos
- Conformidad en la disposición de equipos
- Sugerencia para la mejora de áreas

5.4. Proyección futura

Los bancos de semillas son un gran pilar para la conservación de una gran diversidad de material genético, con las estrategias de financiamiento sostenible, implementación de equipos modernos y sus redes de intercambio con la comunidad (Saquicela Cruz et al., 2025). De esta manera, tienen que estar en constante mejora con metas a corto, mediano y largo plazo.

5.4.1. Estrategias de funcionamiento

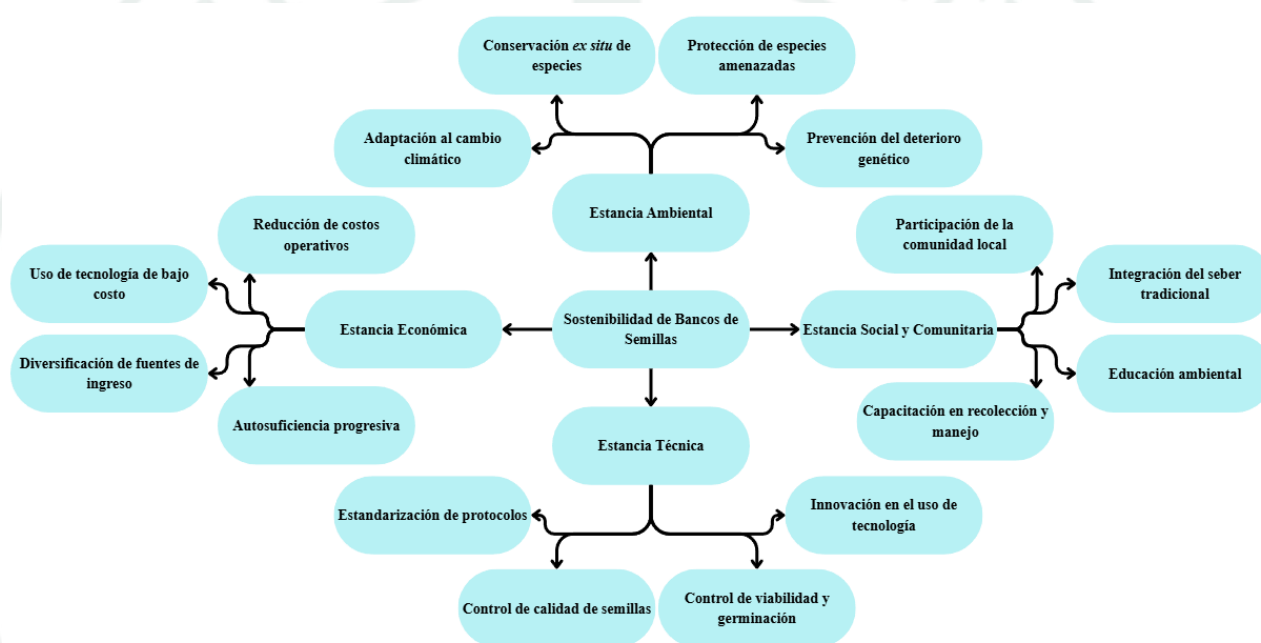
Cuando las instalaciones se encuentran en un óptimo estado de funcionamiento, se generan los protocolos de funcionamiento, como la recolección, ingreso y registro de semillas, así como los distintos procesos del banco de semillas; de esta manera se podrán determinar las carencias en cualquier proceso, previniendo incidentes como lo podría ser la presencia de plagas en semillas almacenadas o presencia de humedad (Jimenez Villamil et al., 2018).

5.4.2. Estrategias de autosostenibilidad

Se debe tener en cuenta la autosostenibilidad para prevenir problemas con la constancia y que estas afecten las necesidades actuales y futuras; para esto se observan las partes ambientales, sociales y económicas (Campos Martínez & Chavarría Hislop, 2025).

Figura 73

Mapa de ideas de sostenibilidad



Fuente: Campos Martínez & Chavarría Hislop, (2025)

Las ideas tomadas en cuenta en la Figura 61 de ideas de sostenibilidad presentan cuatro dimensiones, siendo estas la ambiental, social y comunitaria, económica y técnica. La dimensión ambiental tiene como prioridad conservar el material de forma ex situ, protección de especies amenazadas y prevenir su deterioro con la adaptación al cambio climático. En cuanto a lo social y comunitario, se busca la participación comunitaria local de manera activa, proporcionando educación ambiental y capacitación, de igual manera integrando el conocimiento cultural. En el ámbito económico, se plantean estrategias para la eficiencia y sostenibilidad financiera, como la minimización de costos operativos con tecnologías

apropiadas, la diversificación de ingresos y la autosuficiencia de manera progresiva. Finalmente, el ámbito técnico contempla la estandarización de protocolos en el control de calidad, análisis de viabilidad y germinación del material genético, a su vez teniendo en cuenta la innovación tecnológica y la mejora continua.

5.4.3. Plan de seguimiento

La implementación de distintas herramientas para el seguimiento y poder proporcionar el acompañamiento a los usuarios del banco de semillas a través de los distintos procesos proporcionará el manejo y cuidado adecuado del material genético; esto puede darse mediante TICS “Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”, de manera que se puede evidenciar el estado del material (Marroquin Fuentes & Tapias Castillo, 2025).

5.4.4. Visión a largo plazo

El modelo sostenible desarrollado que se propone será validado técnicamente para su contribución al fortalecimiento de los procesos analizados. Esta implementación se dará de manera progresiva con las estrategias planteadas, permitiendo optimizar la eficiencia operativa al reducir los riesgos, mejorar la toma de decisiones e incrementar los estándares de calidad y desempeño.

Asimismo, se tiene en cuenta que los resultados a obtener solventen la problemática que se diagnostique y que las bases de cultura organizacional enfocadas en la mejora continua, innovación y gestión se vean evidenciadas. La proyección a mediano y largo plazo permitirá una aplicación sistemática para la generación de indicadores más robustos, de mayor sostenibilidad técnica e impacto positivo a los beneficiarios directos e indirectos del proyecto.

ANEXO 2. Plantilla de ficha de registro de semillas

Ficha de Identificación N°	
Nombre del recolector:	
Datos de la especie	
Nombre Común:	Color del fruto:
Familia:	Estado fitosanitario de la especie:
Genero:	• Sano () • Enfermo () • Presencia de plagas () • Daños físicos ()
Especie:	Estado de fructificación durante la recolección:
Tipo de planta de origen:	• Fructificación temprana () • Fructificación media () • Fructificación tardía ()
• Arbórea () • Arbustiva ()	
Altura del árbol o arbusto:	
Cantidad de frutos presentes:	
Tipo de fruto:	
Datos ecológicos	
Tipo de ecosistema:	Temperatura:
Tipo de suelo observado:	Humedad relativa:
• Arenoso () • Franco () • Arcilloso ()	Condiciones climáticas al momento de la recolección:
Estado del suelo:	• Soleado () • Nublado () • Lluvioso () • Ventoso ()
• Húmedo () • Seco () • Pedregoso ()	
Datos de la recolección	
Método de recolección usado:	Latitud:
Cantidad recolectada:	Longitud:
Fecha de recolección:	Altitud:
Hora de recolección:	Localidad:
Observaciones	

ANEXO 3. Lista de clasificación y priorización de las especies arbustivas y arbóreas

Nombre de la especie	Criterios	Nivel de prioridad
<i>Polylepis rugulosa</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Vulnerable (VU) • D.S. 043-2006-AG: VU vulnerable • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbórea • Rol ecológico: -Especie ingeniera -Especie clave -Regulador hídrico y de suelo -Mitigador del cambio climático -Refugio de fauna silvestre -Especie de importancia para polinizadores • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso potencial reconocido -Usado en proyectos de reforestación -Usado como leña (en mínimas proporciones)	Muy alta
<i>Senna birostris</i> var. <i>arequipensis</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera -Fijadora de nitrógeno -Regulador de la calidad del suelo -Especie de importancia para polinizadores	Muy alta

	-Especie de fuente de alimento para la fauna local. • Origen: Planta endémica de la región • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso potencial reconocido -Usado en proyectos de restauración -Especie remediadora	
<i>Calceolaria</i> <i>pisacomensis</i> Meyen ex <i>Walp.</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Estabilizador del suelo -Refugio climático • Origen: Planta endémica de la región • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica - Uso: Sin uso conocido	Muy alta
<i>Kageneckia lanceolata</i> <i>Ruiz & Pav.</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbórea • Rol ecológico: -Especie ingeniera -Especie de importancia para polinizadores -Estabilizador del suelo -Regulador hídrico -Especie con simbiosis micorrística	Muy alta

	• Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie usada en proyectos de reforestación	
<i>Colletia spinosissima</i> <i>J.F.Gmel.</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Preocupación menor (LC) • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie dominante del matorral andino -Reguladora contra la erosión hídrica y eólica -Estabilizadora de suelos degradados -Formadora de barreras naturales -Refugio para la fauna silvestre • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie utilizada como cerco vivo natural -Potencial para uso en proyectos de restauración ecológica.	Muy alta
<i>Parastrephia</i> <i>quadrangularis</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Preocupación menor (LC) • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie dominante -Refugio de fauna silvestre -Regulador contra la erosión	Alta

	-Regulador hídrico • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal -Especie usada en ceremonias	
<i>Berberis lutea</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Preocupación menor (LC) • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para la fauna por sus frutos. -Especie de importancia para los polinizadores -Regulador contra la erosión -Regulador climático • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal -Especie tintorea	Alta
<i>Chuquiraga rotundifolia</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie dominante del matorral altoandino -Regulador hídrico	Alta

	-Regulador contra la erosión -Especie de refugio y protección para fauna silvestre -Especie de importancia para los polinizadores • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal -Especie usada como cerco natural	
<i>Gynoxys longistyla</i> (Greenm. & Cuatrec.) Cuatrec.	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: Asociada a bosques andinos -Especie pionera -Especie de importancia para polinizadores -Estabilizador del suelo -Regulador hídrico -Refugio para la fauna silvestre • Origen: Planta endémica nacional • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica - Uso: Sin uso conocido	Alta
<i>Chuquiraga spinosa</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie dominante -Refugio de fauna silvestre	Alta

	-Regulador hídrico -Estabilizador de suelos • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal	
<i>Adesmia spinosissima</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera -Fijadora de nitrógeno -Fuente de alimento para la fauna andina • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica - Uso: Uso potencial reconocido -Especie medicinal -Especie remediadora	Alta
<i>Adesmia verrucosa</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera -Fijadora de nitrógeno -Regulador de la calidad del suelo -Refugio térmico para la fauna local	Alta

	• Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso potencial reconocido -Especie medicinal -Usada en proyectos de restauración -Especie remediadora	
<i>Baccharis alnifolia</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera -Regulador de suelo -Especie de importancia para polinizadores -Especie indicadora • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso actual o potencial: Uso potencial reconocido -Especie medicinal -Usado en la biotecnología	Alta
<i>Grindelia tarapacana</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera -Especie de importancia para polinizadores -Refugio de fauna local	Alta

	-Regulador del suelo -Regulador hídrico • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso actual o potencial: Uso actual reconocido -Usado en la farmacología	
<i>Gochnatia arequipensis</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Regulador contra la erosión hídrica y eólica -Estabilizador de suelos pedregosos y laderas -Especie de importancia para polinizadores -Refugio para fauna silvestre • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso actual o potencial: Uso actual reconocido -Especie medicinal - Uso en proyectos de restauración ecológica en zonas áridas.	Alta
<i>Nordenstamia longistyla</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: - Especie estabilizadora de suelos pedregosos y laderas	Alta

	-Regulador contra la erosión -Especie de importancia para polinizadores -Refugio para fauna silvestre • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso cultural y ornamental reconocido - Uso potencial para proyectos de restauración ecológica.	
<i>Cantua candelilla</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Refugio de fauna silvestre -Regulador contra la erosión -Regulador climático -Barrera natural contra el viento • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso cultural y ornamental reconocido -Especie medicinal -Especie de valor cultural	Media
<i>Baccharis tola</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico:	Media

	-Especie pionera -Refugio de fauna silvestre -Regulador hídrico -Regulador climático • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal -Usado en ceremonias	
<i>Mutisia acuminata</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Refugio de fauna silvestre • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso ornamental reconocido -Especie medicinal -Usado en proyectos de infraestructura verde	Media
<i>Senecio nutans</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Refugio para la fauna local	Media

	-Fuente de alimento para la fauna local -Regulador contra la erosión del suelo • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso potencial reconocido -Especie medicinal	
<i>Lophopappus berberidifolius</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Refugio para la fauna local -Estabilizador del suelo • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie cultural en Huancavelica y Junín	Media
<i>Diplostephium meyenii</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie dominante secundaria -Especie de importancia para polinizadores -Refugio térmico -Regulador hídrico • Origen: Planta nativa	Media

	• Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica Uso: Sin uso conocido	
<i>Dunalia spinosa</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Refugio de fauna silvestre -Regulador hídrico • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal	Media
<i>Baccharis salicifolia</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie pionera en ambientes perturbados -Estabilizadora de suelos húmedos y ribereños -Reguladora de la calidad del suelo -Especie de importancia para polinizadores -Fuente de refugio y alimento para insectos y fauna asociada. • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal	Media

	-Especie usada en proyectos de restauración de riberas.	
<i>Mutisia lanígera</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Refugio y soporte para fauna pequeña • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Uso actual reconocido -Especie medicinal -Especie con potencial para proyectos de infraestructura verde.	Media
<i>Calceolaria inamoena</i>	• Conducta de almacenamiento: Ortodoxa • UICN: Fuera de peligro • D.S. 043-2006-AG: No registrada • Listado de especies de flora silvestre CITES (Apéndice I): No registrada • Forma de vida: Arbustiva • Rol ecológico: -Especie de importancia para polinizadores -Estabilizador de suelo -Refugio climático • Origen: Planta nativa • Unicidad taxonómica: Familia multiespecífica • Uso: Sin uso conocido	Media

ANEXO 4. Ficha de validación del diseño arquitectónico

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN TÉCNICA DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

CONSTANCIA N.° 01 -2026

Yo, Bachiller en Arquitectura. Luis Enrique Valderrama Lugo,
identificado(a) con DNI N.° 74025416 en ejercicio de mis competencias profesionales
como Arquitecto(a), hago constar que he realizado la revisión técnica del diseño
arquitectónico correspondiente al Banco de Semillas desarrollado en el marco de la tesis
titulada:

"Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del
bosque de Polylepis de Cacayaco, Chiguata - Arequipa 2025"

presentada por los bachilleres Caytano Chavez, Leonardo Enrique y Morán Gonzales, Diego
Fernando

Luego de analizar la propuesta arquitectónica, los planos elaborados y la distribución
funcional de los ambientes proyectados, verifico que el diseño presentado cumple con
criterios técnicos de organización espacial, funcionalidad, accesibilidad, circulación interna y
distribución de áreas requeridas para el adecuado funcionamiento de un Banco de Semillas,
de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación.

La revisión comprendió los siguientes aspectos:

- Distribución y dimensionamiento de ambientes.
- Flujo operativo y circulación interna.
- Áreas destinadas al almacenamiento y conservación de semillas.
- Condiciones generales de funcionalidad de la infraestructura propuesta.
- Coherencia entre el diseño arquitectónico y los requerimientos técnicos del proyecto de investigación.
- Representación gráfica y escala de los planos.

En virtud de lo expuesto, VALIDO TÉCNICAMENTE EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL BANCO
DE SEMILLAS, considerando que la propuesta es técnicamente viable y adecuada para los
fines académicos y de investigación planteados en la tesis.

La presente constancia se emite a solicitud del interesado para ser incorporada como
instrumento de validación por juicio de experto dentro de la investigación y para los fines
académicos que estime convenientes.

Se expide la presente en la ciudad de Arequipa, a los 02 días del mes de
Junio de 2026.

Bachiller en Arq. Luis Enrique Valderrama Lugo
DNI N.° 74025416

Firma y sello profesional



ANEXO 5. Memoria descriptiva del banco de semillas

1. Nombre del proyecto

Banco de semillas

2. Medidas perimétricas:

- **Por el Norte:** 13.74 ml.
- **Por el Este:** 23.90 ml.
- **Por el Sur:** 13.74 ml
- **Por el Oeste:** 23.90 ml.

3. Área y perímetro:

Dentro de la poligonal y medidas perimétricas señaladas anteriormente, se tiene un área de 328.35m² y cuenta con un Perímetro de 75.28 ml.

4. Introducción al proyecto

El proyecto plantea un Centro Cultural de Interpretación Ambiental respaldado por la UCSM, concebido como un núcleo de cohesión social que trasciende el concepto de museo estático para consolidarse como un espacio dinámico de saberes. Esta infraestructura sostenible integra la ciencia, el arte y la identidad regional en un espacio de educación interactiva, diseñado para fortalecer la conciencia ecológica y reconectar al ciudadano con su entorno natural en Arequipa. Dicho espacio contara con los siguientes espacios.

5. Justificación

Funcionará como un espacio de interpretación dinámica donde la botánica se

conecta con la identidad local a través de talleres y experiencias interactivas, superando la exhibición estática para convertir al visitante en un actor clave del cuidado ambiental. El centro servirá como un núcleo de cohesión social y difusión cultural que integra saberes ancestrales con ciencia moderna, ofreciendo un punto de encuentro arquitectónicamente sostenible que fortalece el sentido de comunidad en Arequipa.

6. Áreas

Recepción, Sala de espera, Oficina de informes, Modulo de comida, Sala de descanso, Area de desinfección y preparación, SS.HH. varones, SS.HH. damas, Cuarto de Servicio, Laboratorio de caracterización de semillas, almacén, sala de germinación, SS.HH. varones, SS.HH. damas, sala de capacitaciones y difusión, almacén cuarto frío, almacén cámara de congelación.

Cabe resaltar que la mayoría de los ambientes proyectados cuentan con Ventilación e iluminación natural. Es debido a esta cualidad, aumentada la orientación del Terreno, que se plantea una distribución y ubicación en el espacio de la edificación que genera el mayor confort posible así mismo se cuenta con la presencia de extractores y ventilación mecánica en espacios especializados como salas de germinación y laboratorios.

7. Descripción de ambientes

- **Recepción:** espacio de ingreso y control.
- **Sala de espera:** punto de espera y control.
- **Oficina de informes:** espacios destinados información y asesoramiento.
- **Módulo de comida:** Espacio destinado a lugar de comida del personal.

- **Sala de descanso:** Espacio destinado a contemplación y coworking.
- **Area de desinfección y preparación:** área destinada a la desinfección partículas contaminantes
- **SS.HHH. Varones:** Area destinada a servicios básicos del personal
- **SS.HH. DAMAS:** Area destinada a servicios básicos del personal
- **Cuarto de Servicio:** Espacio de almacenamiento de herramientas y productos de limpieza
- **Laboratorio de caracterización de semillas:** almacenamiento y control de equipos espacio especializado.
- **Almacén:** Espacios destinado a reservar equipos y documentación.
- **Sala de germinación:** cambio de indumentaria.
- **Sala de capacitaciones y difusión:** espacio destinado a eventos, conferencias y presentaciones
- **Almacén cuarto frío:** monitoreo y control del área.
- **Almacén cámara de congelación:** Monitoreos y control de área.

8. Reglamento tomando en cuenta para el diseño del banco de semillas

- **A.120 de arquitectura**

Norma G.010 artículo 5: Para garantizar la seguridad de las personas, la calidad de vida y la protección de medio ambiente, las habilidades urbanas y edificaciones deberá proyectarse con las siguientes condiciones:

-Seguridad estructural, por el cual se plantean modulo con columnas de 0.25m x 0.25 m.

-Funcionalidad, las dimensiones y disposición de los espacios, así como la dotación de instalaciones y equipamiento posibiliten la adecuada realización de las funciones para las que está proyectada la edificación.

- **Capítulo V: Accesos y pasajes y circulación**

Sin perjuicio del cálculo de evacuación mencionado, la dimensión mínima del ancho de los pasajes y circulaciones horizontales interiores, medido entre los muros que lo conforman será la siguientes: para locales educativos y oficina o área de trabajos interiores: 0.90 m - 1.20 m, nosotros cumplimos con este criterio ya que la medida mínima que tenemos de pasillos supera los 1.20 m.

- **Capítulo X: Requisitos de ventilación y acondicionamiento ambiental**

-**Artículo 51:** Todos los ambientes deberán tener al menos un vano que permita la entrada de aire desde el exterior, los ambientes destinados a servicios sanitarios, pasajes de circulación, depósitos, cuartos de control, ambientes que por razones de seguridad no pueden tener acceso a vanos exteriores, halls ambientes en sótanos y almacenamiento, o donde se realicen actividades en lo que ingresen persona de manera eventual, podrán tener una solución de iluminación artificial, ventilación mecánica a través de ductos exclusivos u otros.

-**Artículo 52:** Los elementos de ventilación de los ambientes el área de abertura del vano no debe ser menor al 5% de la superficie la habitación que se ventila.

Los servicios sanitarios, almacenes y depósitos o espacios especializados pueden ser ventilados por medios mecánicos o mediante ductos de ventilación

-**Artículo 60:** Toda edificación debe contemplar espacios de estacionamientos según lo requiera su uso en el plan urbano o por el uso de la edificación, nosotros contamos con tres plazas de estacionamiento con ampliación a cinco espacios.

-Artículo 65: Tres estacionamientos continuos. Ancho de 2.40 m cada uno, nosotros cumplimos con este requisito ya que la plaza de estacionamientos tiene una medida de 2.50 m.

- **NORMA A.080 Oficinas.**

Se define oficina a toda edificación destinada a prestar servicios administrativos, técnicos, de gestión, asesoramiento o de carácter público o privado.

- **Capítulo II: Condiciones de Habitabilidad y Funcionalidad**

Iluminación recomendada para espacios de oficina será de 250 luxes

-Artículo 5: Las edificaciones o espacios podrán contar con iluminación y ventilación natural o artificial, en nuestro caso se contempla iluminación y ventilación natural.

- **Capítulo III, Separación entre Edificaciones**

Dimensión de los muros con una medida mínima de 2.10 en nuestro caso tenemos una medida mínima de 2.10 en vanos y puertas.

- **NORMA A.130, Requisitos de seguridad**

Artículo 1: Las edificaciones, de acuerdo con el uso y número de ocupantes debe cumplir con requisitos de seguridad y prevención de siniestros que tienen como objetivo salvaguardar las vidas humanas y preservar el patrimonio y a la continuidad de la edificación.

9. Sistema constructivo y acabados

El proyecto se desarrolla mediante un sistema estructural a porticado mediante columnas y vigas, el cual permite resolver espacios amplios de manera eficiente y reducir tiempos de construcción. Los cerramientos se plantean con muros de ladrillo, los cuales cumplen función de delimitación de espacios, sin intervenir en el sistema

estructural principal.

A nivel de acabados, se incorpora el uso de distintos acabados como sería el porcelanato blanco de 60 cm x 60 cm, así mismo acabados en baños con cerámico de 45 cm x 45 cm, y por último mesadas de laboratorio con granito, equipamiento de laboratorios con acero quirúrgico, estanterías de material de melamina acabado Matte blanco y por último acabado de pintura Matte blanco en muros específicos, principalmente en áreas representativas como el auditorio y accesos, con el fin de tener espacios claros, y adecuados con el carácter especializado que se ha solicitado.

En el auditorio, se complementa con revestimientos interiores y cemento pulido con acabado de wall panel en las zonas con iluminación indirecta, con el objetivo de mejorar el acondicionamiento acústico, reduciendo la reverberación y brindando mayor confort a los usuarios.

Arequipa, abril del 2026

ANEXO 6. Panel fotográfico de la recolección de muestras de suelo y datos climatológicos

Subida al Bosque de *Polylepis* de Cacayaco



Toma de muestras de suelo		
Punto 1	Punto 2	Punto 3
		
		

Toma de datos meteorológicos



Identificación de la flora de la zona



ANEXO 7. Certificado de calibración del termohigrómetro



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DAICOM S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA-USA CON CERTIFICADO #6556.01
SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de: Temperatura Expediente: **2025-006660**

Equipo:	Termohigrómetro Digital	Fecha de Calibración:	11/12/2025
Marca/Fabricante:	BOECO	Código Identificación:	No Indica
Modelo:	SH-110	Resolución:	Ta: 0.1 °C / Hr: 0.1 %RH
Número de Serie:	715	Intervalo de Indicación	Ta: -50 a 70 °C / Hr: 20 a 99 %RH
Elemento del sensor:	Ta / Hr	Nº de Páginas:	3 págs.
Procedencia:	GERMANY		

Cliente: LEONARDO CAYTANO CHAVEZ
Dirección: CALLE AMERICA 704 - MARIANO MELGAR

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia del INACAL los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y cumple con los requisitos de la NTP-ISO/IEC 17025:2017. La calibración se ha completado de acuerdo con el documento MGCD y con su respectivo procedimiento de calibración del servicio, el contenido de los datos es validos solo para el instrumento u equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de servicios o productos.

Este certificado se aplica únicamente al equipo o instrumento identificado y no se reproducirá de forma distinta a la total, sin la aprobación previa por escrito del laboratorio DAICOM S.A.C.

Este certificado de calibración sin firma y sello carecen de validez, contiene un unico número de identificación y un sello de agua del laboratorio DAICOM S.A.C., se colocará una identificación adherida al instrumento u equipo calibrado asignada por el laboratorio.

DAICOM S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Firmado digitalmente por:
ACOSTA PONCE ANTONIO
DANIEL RUC:20558088649
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/12/2025 17:32:15-0500





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DAICOM S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA-USA CON CERTIFICADO #6556.01
SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



2025-006660

Metodo de Calibración	
Calibración efectuada según:	TH - 007; Procedimiento para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire, Ed. 1, CEM España
Método:	Método de comparación con termómetros patrón en medios isotermos de temperatura y humedad controlada.

Lugar de Calibración
Laboratorio de Temperatura DAICOM S.A.C. Calle Paucarpata 405, Urbanización La Perlita, Cercado, Arequipa - Perú

Condiciones Ambientales			
	Media	Variación Local $\Delta T \pm$	Unidades
Temperatura Ambiental	25.30	0.60	°C
Humedad Relativa	21.00	0.80	%RH

Trazabilidad
La trazabilidad de las medidas se garantiza por la calibración periódica de los patrones en laboratorios referidos a la Dirección de Metrología del INACAL PERU o en laboratorios acreditados internacionales en la ISO/IEC 17025.
Las unidades empleadas en este procedimiento del Sistema Internacional de Unidades son: grados Celsius (°C), y porcentaje de Humedad Relativa (%RH), en concordancia con el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Patrones de Referencia		
Código	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
LD-001	Termohigrómetro de Indicación Digital	LH - 017 - 2025

Equipos Auxiliares:

- Baño Termostático de Agua Código LD-015

Página 2 de 3



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DAICOM S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO A2LA-USA CON CERTIFICADO #6556.01
SEGÚN ISO/IEC 17025:2017



2025-006660

Expresión de Resultados

TEMPERATURA : SENSOR Ta

Valor del Instrumento	Valor del Patrón	Corrección	Incertidumbre U
°C	°C	°C	°C
14.99	15.0091	0.019	0.12
19.61	20.0010	0.391	0.56
48.91	50.0040	1.094	0.94

HUMEDAD RELATIVA : SENSOR Hr

Valor del Instrumento	Valor del Patrón	Corrección	Incertidumbre U	Temperatura de Ensayo
%RH	%RH	%RH	%RH	°C
38.52	39.4500	0.930	0.86	20.94
73.61	72.3800	-1.230	0.99	21.20

Incertidumbre:

La incertidumbre expandida de la medición en el momento de la calibración se da en las siguientes páginas. Se calculan de acuerdo con el método descrito en la "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" en español (traducción 1ª Ed. Sept. 2008). La incertidumbre expandida reportada de la medición se establece como la incertidumbre estándar combinada de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$, de modo que el nivel de confianza se aproxima 95.45 %.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de Incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

*** Fin de Calibración ***

Página 3 de 3

ANEXO 8. Ficha de autorización del SERFOR en acceso a la zona de estudio e investigación



SERFOR

Firmado digitalmente por DELGADO
CARDENAS Alejandro FAU
20562836327 soft
Cargo: Administrador Técnico Fts(E)
Motivo: Por encargo
Fecha: 26.01.2026 19:42:56 -05:00

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Arequipa, 26 de Enero del 2026

RA N° D000007-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA

VISTO:

El Informe Técnico N° D000002-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA-ESP, de fecha 26 de enero del 2026, mediante el cual se emite opinión favorable para que se le otorgue Autorización para realizar Investigación científica de Flora Silvestre sin acceso a los recursos genéticos, fuera de Áreas Naturales Protegidas, con Expediente N° 04-ARE/AUT-IFL-2026-001, presentada por el señor Leonardo Enrique Caytano Chávez, identificado con DNI N° 72607768 con domicilio en calle América 704, distrito Mariano Melgar y provincia Arequipa, provincia y departamento de Arequipa como parte del Proyecto "Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* Cacayaco, Chiguata – Arequipa 2025", ubicado en el distrito de Chiguata, provincia Arequipa región Arequipa. Expediente SGD 2025-0067478.

CONSIDERANDO:

Que, en el artículo 66° de la Constitución Política del Perú de 1993, se establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal;

Que, el artículo 9° de la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales, establece que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición potencialidad y gestión de los recursos naturales;

Que, el artículo 13° de la Ley 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestales y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR) y se constituye en su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;

Que, el artículo 137° de precitada Ley, declara de interés nacional la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado del Patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación;

Que, el artículo 140° de la Ley N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre, señala que la autoridad regional y de fauna silvestre otorga autorizaciones para extracción de recursos forestales y de fauna silvestre con fines de investigación científica;

Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI modificado por Decreto Supremo N 016-2014-MINAGRI, ese aprobó el Reglamento de Organización y Funciones-ROF del

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2015-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: Y9FXV07



Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, el mismo que en su literal g) del artículo 53°, señala como una de las funciones de la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, la de otorgar permisos de investigación o de difusión cultural con o sin colecta de flora y fauna silvestre;

Que, el artículo 154° del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, regula el procedimiento de otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de flora silvestre, estableciendo para tal efecto, los requisitos y consideraciones para su otorgamiento, de acuerdo con los lineamientos aprobados por el SERFOR, si como las obligaciones materia de cumplimiento por parte del titular de la autorización;

Que, la Tercera Disposición Final del Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos, aprobado por Resolución Ministerial N° 087-2008-MINAM señala que la obtención de permisos, autorizaciones y demás documentos que otorguen entidades públicas, tales como el Ministerio de Agricultura y que amparen la investigación, obtención, provisión, transferencia u potro de recursos biológicos con fines distintos a su utilización como fuente de recursos genéticos no faculta a sus titulares a utilizar dichos recursos como medio para acceder a los recursos genéticos, ni determinan ni presumen autorización de acceso;

Que, mediante el Decreto Supremo N° 003-2009-MINAM que eleva a rango de Decreto Supremo la Resolución Ministerial N° 087-2008-MINAM y ratifica la aprobación del Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos efectuadas por la referida Resolución;

Que, la Décimo Séptima Disposición Complementaria Final del D.S. 018-2015-MINAGRI Reglamento de la Ley N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Decreto Supremo que aprueba El Reglamento para la Gestión Forestal, indica que en los casos donde no se haya realizado la transferencia de competencias sectoriales en materia forestal y de fauna silvestre, el SERFOR ejerce las funciones como ARFFS, a través de las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre (ATFFS), hasta que culmine la transferencia antes mencionada;

Según el Decreto Supremo N° 043-2006-AG que aprueba la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre no se determinan especies por lo que no se encuentra en alguna categoría de amenaza de dicha norma legal.

Que en tal sentido el Informe Técnico N° D000002-2026-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-AREQUIPA-ESP, concluye: i) La solicitud de autorización de investigación científica de flora silvestre sin acceso a los recursos genéticos fuera de Áreas Naturales Protegidas, con colecta de flora silvestre presentada por el señor Leonardo Enrique Caytano Chávez identificado con DNI N° 72607768 con domicilio en calle América 704, distrito Mariano Melgar, provincia Arequipa, se enmarca en una propuesta de investigación cuyo objetivo es diseñar un banco de semillas que contribuya a la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* de Cacayaco, Chiguata – Arequipa, considerando las particularidades ecológicas y las necesidades de almacenamiento y regeneración de las especies; ii) Visto el expediente de la solicitud de investigación científica de flora silvestre sin acceso a los recursos genéticos fuera de Áreas Naturales Protegidas, en el marco del Proyecto "Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* Cacayaco, Chiguata – Arequipa 2025", ubicado en el distrito Chiguata, provincia y región Arequipa, se concluye emitir la opinión técnica favorable a dicha solicitud hasta el 31 de julio del 2026;

Y recomienda i) Autorizar al señor Leonardo Enrique Caytano Chávez identificado con DNI N° 72607768 con domicilio en calle América 704, distrito Mariano Melgar, provincia Arequipa la investigación científica de flora silvestre sin acceso a los recursos genéticos, con colecta

de flora silvestre con código **04-ARE/AUT-IFL-2026-001**, ubicado en el distrito Chiguata, provincia Arequipa región Arequipa, fuera de Áreas Naturales Protegidas, hasta el 31 de julio del 2026, autorización que permitirá realizar el Proyecto "Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* Cacayaco, Chiguata – Arequipa 2025"; ii) Que la Resolución que autorizará la investigación científica de flora silvestre sin acceso a los recursos genéticos fuera de Áreas Naturales Protegidas contenga los compromisos que asumirá el señor Leonardo Enrique Caytano Chávez identificado con DNI N° 72607768, los mismos que deberá cumplir; y iii) Asimismo, recalcar que los derechos otorgados a través de las autorizaciones de investigación científica, no otorgan derechos sobre los recursos genéticos contenidos en ellos, de acuerdo a lo señalado en el artículo 154° del Reglamento para la Gestión Forestal de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 018-2015- MINAGRI.

Que, de conformidad con lo establecido en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, y su Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado por Decreto Supremo N° 018-2015- MINAGRI; el Decreto Supremo N° 004-2019-JUS que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, el literal g) del artículo 53° del Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, publicado el 02 de setiembre del 2014.

SE RESUELVE:

ARTICULO 1°.- OTORGAR la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre fuera de Áreas Naturales Protegidas, sin acceso a los recursos genéticos, con colecta de flora silvestre, al administrado Leonardo Enrique Caytano Chávez, identificado con DNI N° 72607768 con domicilio en calle América 704, distrito Mariano Melgar, provincia y departamento de Arequipa.

ARTICULO 2°. – El administrado, Leonardo Enrique Caytano Chávez realizará la investigación científica de flora silvestre fuera de Áreas Naturales Protegidas, con colecta de flora silvestre, sin acceso a los recursos genéticos, como parte del Proyecto "Diseño de un banco de semillas para la conservación de especies arbustivas y arbóreas del bosque de *Polylepis* Cacayaco, Chiguata – Arequipa 2025", con código **04-ARE/AUT-IFL-2026-001**, ubicado en el distrito de Chiguata, provincia y región de Arequipa de acuerdo a lo indicado en el Cuadro N° 1 de la presente resolución.

Cuadro N° 1 Puntos de Muestreo donde se efectuará la colecta

Punto de Muestreo	Distrito	Provincia	Región	UTM		
				E	S	Zona
1	Chiguata	Arequipa	Arequipa	250467.78	8182100.81	19 K
2	Chiguata	Arequipa	Arequipa	250565.29	8182312.27	19 K
3	Chiguata	Arequipa	Arequipa	250590.51	8182580.64	19 K

ARTICULO 3°.- AUTORIZAR la participación de los investigadores propuestos por la administrada Claudia Verónica Cayalta Quispe, conforme al contenido del Cuadro N° 2 de la presente resolución.

Cuadro N° 2 Personal Responsable de la evaluación biológica de fauna silvestre

Nombres y apellidos	Participación en el Proyecto	Pasaporte/DNI
Leonardo Enrique Caytano Chávez	Investigador principal	72607768
Diego Fernando Morán Gonzales	Coinvestigador	71229659

ARTICULO 4°. – **PLAZO** del periodo de estudio es desde la fecha de notificación de la presente resolución, al 31 de julio del 2026.

ARTÍCULO 5°. - **OBLIGACIONES** para el administrado Leonardo Enrique Caytano Chávez son las siguientes:

- Contar con la autorización expresa de la comunidad, mediante acta de asamblea comunal, en caso requiera realizar la investigación científica en tierras de comunidades campesinas o comunidades nativas. En caso requiera el ingreso a predios privados, necesita el consentimiento escrito del propietario.
- No extraer recursos genéticos de fauna silvestre: no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
- Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre – Arequipa, una (01) copia del informe final (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que podrán ser utilizadas para difusión. El informe final (al término del estudio) deberá contener una lista taxonómica de las especies de flora testeadas, bajo la presente autorización, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona.
- El cumplimiento de lo señalado en el literal c), no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización
- Comunicar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre – Arequipa, el inicio de los estudios de campo con la debida anticipación. Asimismo, el personal de esta ATFFS podrá acompañarlos durante la toma de datos en caso lo considere necesario, para lo cual los investigadores deberán brindar las facilidades del caso.
- Solicitar anticipadamente a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Arequipa del SERFOR y dentro del plazo de vigencia de la resolución, cualquier cambio en las características de la investigación con fines científicos aprobada, que demanden la actualización de la presente resolución.
- Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.
- Implementación por parte la administrada de todas las medidas de seguridad y eliminación de impactos que se puedan producir por las actividades propias de las actividades de las fases de campo, como toma de datos, tratamiento y transporte de muestras, transporte de equipos, personal, etc.

ARTÍCULO 6°. - **LA CONTRAVENCIÓN A LAS OBLIGACIONES** y/o condiciones establecidas en la presente resolución conllevará a la comisión de la infracción tipificada en el numeral 5 del Anexo 1 Cuadro de Infracciones y sanciones en Materia Forestal del Decreto Supremo 007-2021- MIDAGRI que aprueba el Reglamento de Infracciones y Sanciones en Materia Forestal y de Fauna Silvestre.

ARTÍCULO 7°. - **NOTIFICAR** la presente resolución al administrado, en su dirección y/o correo electrónico y transcribirla a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre y a la Dirección de Control de la Gestión del Patrimonio Forestal del SERFOR para su conocimiento y fines pertinentes.

Regístrese y comuníquese

Documento firmado digitalmente

Alejandro Delgado Cardenas

Administrador Técnico FFS (e)

ATFFS - Arequipa

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: Y9FXV07

ANEXO 9. Resultados del análisis de fertilidad de suelo



INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56905

N° Id.: 0000197965

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZON SOCIAL : DIEGO MORAN GONZALES
2.- DIRECCIÓN : Av. Dolores 195 - Arequipa - Arequipa - Jose Luis Bustamente y Rivero
3.- PROYECTO : ANALISIS DE SUELO
4.- PROCEDENCIA : AREQUIPA
5.- SOLICITANTE : DIEGO MORAN GONZALES
6.- PRODUCTO : Suelos

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N° : 0000008861-2025-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2025-12-24

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1.- MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
3.- NÚMERO DE MUESTRAS : 1
4.- FECHA DE RECEPCIÓN : 2025-12-15
5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN : Las muestras llegaron a temperatura ambiente
6.- PERÍODO DE ENSAYO : 2025-12-15 al 2025-12-24

Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 4

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chélica N° 1877,
Bellavista, Callao.
Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3,
Bellavista, Callao.
Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642

SEDE PIURA
Urb. San Isidro III Etapa
Mz. D3 Lt. 02,
Castilla - Piura
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56905

N° Id.: 0000197965

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-12 (Validated - Modified).	Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Exchangeable Bases.	IAS TL-833 CHALACA
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-12 (Validated - Modified).	Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Cation Exchange Capacity.	IAS TL-833 CHALACA
Capacidad de Intercambio Catiónico	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-12 (Validated - Modified).	Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Cation Exchange Capacity	IAS TL-833 CHALACA
Clase Textural	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-09 (Validated - Modified).	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-09 (Validated - Modified). Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Textural Class	IAS TL-833 CHALACA
Conductividad (Extracto 1:1)	MVAL-AGR-02:2020. Validated.	Conductivity (1: 1; 1: 2.5; 1:10; EPS). Determination of Conductivity.	IAS TL-833 CHALACA
Fósforo Disponible Olsen	Official Mexican Standard, NOM-021-RECNAT-2000, AS-10. (Validated - Applied out of reach)	Which establishes the specifications of fertility, salinity and classification of soils. Studies, sampling and analysis - Determination of Available Phosphorus Olsen.	IAS TL-833 CHALACA

"NOM" : Norma Oficial Mexicana

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56905

N° Id.: 0000197965

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS
Nitrógeno Total	ISO 16634-2: 2016 (Validated - Modified) 2022.	Determination of Total Nitrogen Content by Combustion according to the Dumas Principle.	IAS TL-833 CHALACA
pH (Extracto 1:1)	MVAL-AGR-001, Validated 2022.	pH Determination (1:1; 1:2.5; 1:10; EPS).	IAS TL-833 CHALACA

"ISO" : International Organization for Standardization

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56905

N° Id.: 0000197965

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125709
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 1: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	NA	0,33
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	NA	5,50
Clase Textural				
Arcilla ²	%	NA	NA	0
Arena ²	%	NA	NA	85
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	A,Fr
Limo ²	%	NA	NA	15
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	21,21
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,30
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,54
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	11,82
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	1 502,00

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo ; Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. Arcilloso

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

 Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió. **"FIN DE DOCUMENTO"**

Pág.4 de 4

 SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista, Callao
 Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
 Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

 SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3,
 Bellavista, Callao
 Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

 SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 816 843
 Cel.: 932 646 642

 SEDE PIURA
 Urb. San Isidro III Etapa
 Mz. D3 Lt. 02,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 919 475 133

 SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 919 475 133

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56908

N° Id.: 0000197968

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125710
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 2: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:39
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	NA	0,15
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	NA	5,89
Clase Textural				
Arcilla ²	%	NA	NA	5
Arena ²	%	NA	NA	85
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	A,Fr
Limo ²	%	NA	NA	10
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	14,76
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,19
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,36
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	9,28
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	1 188,00

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

 A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. = Arcilloso

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

 Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió. **"FIN DE DOCUMENTO"**

Pág.4 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56915

N° Id.: 0000197975

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125722
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 3: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 12:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad (Extracto 1:1) ²	dS/m	NA	NA	0,35
pH (Extracto 1:1) ²	Unidad de pH	NA	NA	5,95
Clase Textural				
Arcilla ²	%	NA	NA	0
Arena ²	%	NA	NA	85
Clase Textural ²	no unidad	NA	NA	A,Fr
Limo ²	%	NA	NA	15
Fósforo Disponible Olsen ²	mg/Kg	2,00	6,00	31,74
Bases Cambiables (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Cambiable ²	meq/100g	0,01	0,03	0,26
Bases Disponibles (Ca, Mg, K y Na)				
Potasio Disponible ²	meq/100g	0,01	0,03	0,48
Capacidad de Intercambio Catiónico ²	meq/100g	0,20	0,50	11,60
Nitrógeno Total ²	mg/Kg	50,00	150,00	1 894,00

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

A = Arena; A.Fr. = Arena Franca; Fr.A. = Franco Arenoso; Fr. = Franco; Fr.L. = Franco Limoso; L = Limoso; Fr.Ar.A = Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar. = Franco Arcilloso; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso; Ar.A. = Arcillo; Arenoso; Ar.L. = Arcillo Limoso; Ar. Arcilloso

^(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

 Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió. **"FIN DE DOCUMENTO"**

Pág.4 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56906

N° Id.: 0000197966

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

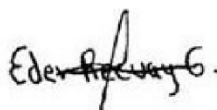
- | | |
|------------------|---|
| 1.- RAZON SOCIAL | : DIEGO MORAN GONZALES |
| 2.- DIRECCIÓN | : Av. Dolores 195 - Arequipa - Arequipa - Jose Luis Bustamante y Rivero |
| 3.- PROYECTO | : ANALISIS DE SUELO |
| 4.- PROCEDENCIA | : AREQUIPA |
| 5.- SOLICITANTE | : DIEGO MORAN GONZALES |
| 6.- PRODUCTO | : Suelos |

II.- DATOS DEL SERVICIO

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1.- ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000008861-2025-0000 |
| 2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2025-12-24 |

III.- DATOS DEL ÍTEMS DE ENSAYO

- | | |
|----------------------------|---|
| 1.- MUESTREO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 3.- NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 4.- FECHA DE RECEPCIÓN | : 2025-12-15 |
| 5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN | : Las muestras llegaron a temperatura ambiente |
| 6.- PERÍODO DE ENSAYO | : 2025-12-15 al 2025-12-24 |



Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56916

N° Id.: 0000197976

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS
Materia Orgánica	Official Mexican Standard NOM-021. RECNAT 2000.	Which establishes the specifications of fertility, salinity, and soil classification, Studies, sampling and analysis. AS-07; item 7.1.7. Organic Matter Content by the Walkley and Black Method.	INACAL LE - 096 CHALACA

"NOM" : Norma Oficial Mexicana

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56906

N° Id.: 0000197966

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125709
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 1: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Materia Orgánica (*)	%	0,200	0,400	2,878

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56909

N° Id.: 0000197969

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125710
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 2: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:39
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Materia Orgánica (*)	%	0,200	0,400	1,872

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56916

N° Id.: 0000197976

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125722
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 3: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 12:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Materia Orgánica (*)	%	0,200	0,400	3,343

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág. 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56907

N° Id.: 0000197967

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

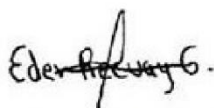
- | | |
|------------------|---|
| 1.- RAZON SOCIAL | : DIEGO MORAN GONZALES |
| 2.- DIRECCIÓN | : Av. Dolores 195 - Arequipa - Arequipa - Jose Luis Bustamante y Rivero |
| 3.- PROYECTO | : ANALISIS DE SUELO |
| 4.- PROCEDENCIA | : AREQUIPA |
| 5.- SOLICITANTE | : DIEGO MORAN GONZALES |
| 6.- PRODUCTO | : Suelos |

II.- DATOS DEL SERVICIO

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1.- ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000008861-2025-0000 |
| 2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2025-12-24 |

III.- DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

- | | |
|----------------------------|---|
| 1.- MUESTREADO POR | : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA |
| 3.- NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 4.- FECHA DE RECEPCIÓN | : 2025-12-15 |
| 5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN | : Las muestras llegaron a temperatura ambiente |
| 6.- PERÍODO DE ENSAYO | : 2025-12-15 al 2025-12-24 |



Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809



Mgtr. Ing. Lic. Fredy A. Taipe Castro
Director de Investigación y Desarrollo
CIP N° 150812



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56907

N° Id.: 0000197967

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Densidad Aparente	ASTM D854	Peso Específico / Gravedad Específica / Densidad Aparente / Método de la Probeta
Densidad Real	A. Measurement of Aggregate true particle density to estimate grain mixture composition. American society of agricultural Engineers. s.l.	Método del Picnómetro
Humedad	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, AS-05, ítem 7.1.5	Determinación de Humedad
Porosidad	Métodos de análisis para suelos plantas y aguas Homer Chapman	Determinación Caliza Activa

"ASTM": American Society for Testing Materials

"NOM" : Norma Oficial Mexicana

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56907

N° Id.: 0000197967

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125709
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 1: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Densidad Aparente (**)	g/cm3	0,03	0,10	1,06
Densidad Real (**)	g/mL	NA	NA	2,09
Humedad (**)	%	0,0500	0,1000	4,6112
Porosidad (**)	%	0,01	0,10	49,45

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.**VI.- OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

📍 SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista, Callao.
Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

📍 SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3,
Bellavista, Callao.
Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

📍 SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642

📍 SEDE PIURA
Urb. San Isidro III Etapa
Mz. D3 Lt. 02,
Castilla - Piura
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

📍 SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133



www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56910

N° Id.: 0000197970

V.- RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-25-125710
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS				BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA
DESCRIPCIÓN ^(A)				MUESTRA 2: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE POLYLEPIS DE CACAYACO
TIPO DE PRODUCTO ^(A)				Suelos
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)				Suelos
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)				12-12-2025 11:39
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Densidad Aparente (**)	g/cm3	0,03	0,10	1,14
Densidad Real (**)	g/mL	NA	NA	2,17
Humedad (**)	%	0,0500	0,1000	1,0372
Porosidad (**)	%	0,01	0,10	47,46

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

(A) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista, Callao.
 Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
 Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3,
 Bellavista, Callao.
 Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642

SEDE PIURA
 Urb. San Isidro III Etapa
 Mz. D3 Lt. 02,
 Castilla - Piura
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 919 475 133

SEDE TRUJILLO
 Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29,
 Alto Salaverry - Trujillo
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 919 475 133


www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-25-56917

N° Id.: 0000197977

V.- RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-25-125722			
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	BOSQUE DE CACAYACO, CHIGUATA, AREQUIPA			
DESCRIPCIÓN ^(A)	MUESTRA 3: MUESTRA DE SUELO TOMADA DENTRO DEL BOSQUE DE POLYLEPIS DE CACAYACO			
TIPO DE PRODUCTO ^(A)	Suelos			
SUB TIPO PRODUCTO ^(A)	Suelos			
FECHA y HORA DE MUESTREO ^(A)	12-12-2025 12:10			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Densidad Aparente (**)	g/cm3	0,03	0,10	1,10
Densidad Real (**)	g/mL	NA	NA	2,13
Humedad (**)	%	0,0500	0,1000	2,3016
Porosidad (**)	%	0,01	0,10	48,35

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

^(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"